

# Contribuții la cercetarea atmosferei prin dezvoltări lidar și sinergie multi-senzor la scară europeană

Dr. Doina-Nicoleta NICOLAE

Teză de abilitare

## Rezumat

Această teză de abilitare prezintă o sinteză cuprinzătoare a peste două decenii de cercetare și leadership strategic în domeniul teledetecției atmosferice, documentând tranziția de la utilizarea sistemelor lidar pentru sondarea atmosferei la stabilirea unei infrastructuri de cercetare operaționale, de înaltă precizie.

La nivelul anului 2026, comunitatea științifică globală se confruntă cu o accelerare fără precedent a sistemului climatic terestru, caracterizată printr-o creștere accentuată a dezechilibrului energetic al Pământului. În timp ce gazele cu efect de seră exercită un efect de încălzire bine cuantificat, aerosolii atmosferici continuă să reprezinte cea mai mare sursă de incertitudine în forcingul radiativ efectiv. Această teză abordează aceste provocări prin furnizarea analizelor cvadridimensionale (4D) de înaltă rezoluție a straturilor de aerosol, necesară pentru a înțelege modul în care altitudinea, tipul și îmbătrânirea straturilor de aerosoli dictează impactul lor radiativ. Prin rezolvarea lacunelor de date privind aerosolii cu ajutorul tehnologiei lidar avansate și a observațiilor sinergetice, această lucrare oferă „referința de la sol” (ground truth) necesară pentru a restrânge estimările sensibilității climatice și pentru a valida noua generație de senzori spațiali.

**Rolul autorului** în acest context științific a fost definit de un angajament dual față de inovația tehnică și instituționalizarea științei atmosferei în România. De la finalizarea doctoratului în fizică în 2006, traiectoria carierei a progresat de la proiectarea fundamentală a sistemelor optoelectronice la conducerea Departamentului de Teledetecție din cadrul INOE 2000. O realizare centrală în acest parcurs a fost înființarea Observatorului Român pentru studiul 3D al atmosferei (RADO) și integrarea acestuia ca nod strategic în cadrul Infrastructurii de Cercetare a Aerosolilor, Norilor și Gazelor minore (ACTRIS). Cariera autorului a fost marcată recent de coordonarea Centrului ACTRIS pentru Teledetecția Aerosolilor (CARS), concentrată pe armonizarea standardelor globale de asigurare a calității datelor de teledetecție a aerosolului, și de elaborarea proiectului 3e-CARE pentru stabilirea unui Centru de Excelență regional.

Teza este structurată în două secțiuni principale care fac legătura între realizările trecute și viziunea strategică pentru viitor.

**Secțiunea I detaliază reperle academice, profesionale și științifice fundamentale** atinse până în prezent, organizate în trei capitole care documentează tranziția de la cercetarea fundamentală la leadership-ul internațional. **Primul capitol** subliniază evoluția profesională a autorului, evidențiind coordonarea Departamentului de Teledetecție din cadrul INOE 2000 și conducerea Centrului ACTRIS pentru Teledetecția Aerosolilor (CARS). **Al doilea capitol** oferă o analiză aprofundată a progreselor științifice originale, începând cu tranziția tehnică de la sistemele de retroîmprăștiere elastică la sisteme lidar Raman multi-lungime de undă standardizate. Sunt detaliate implementarea unor protocoale riguroase de asigurare a calității—incluzând testele de tip „Rayleigh fit” și calibrarea canalelor de depolarizare—care garantează trasabilitatea datelor în cadrul rețelelor europene. O realizare centrală este dezvoltarea software-ului NATALI, care utilizează rețele neuronale artificiale antrenate pe peste 1,5 milioane de profiluri sintetice pentru a furniza o clasificare automată, în timp real, a aerosolilor. Acest capitol explorează în continuare cadrul conceptual al sinergiei multi-nivel, unde senzorii activi și pasivi co-localizați la supersite-ul MARS reduc discrepanța de scară ce îngreunează cuantificarea efectelor radiative (radiative closure). Aceste seturi de date sinergetice servesc ca „puncte de ancorare” esențiale pentru calibrarea și validarea (Cal/Val) misiunilor spațiale precum CALIPSO, CATS și EarthCARE. Secțiunea se încheie cu o caracterizare detaliată a aerosolilor transportați la distanță, descifrând îmbătrânirea chimică a fumului provenit din arderea biomasei, dinamica transportului de praf saharian și semnăturile optice unice ale cenușii vulcanice din erupția Eyjafjallajökull din 2010. **Al treilea capitol** este dedicat managementului cercetării și dezvoltării infrastructurii, evidențiind conducerea unor proiecte de anvergură precum RADO, CEO-TERRA, MULTIPLY și proiecte conexe ACTRIS. Sunt documentate inovațiile în instrumente orientate spre servicii pentru monitorizarea calității aerului prin inițiative precum SAMIRA și RI-URBANS, alături de activitatea internațională de mentorat a tinerilor cercetători prin rețelele ITARS și ECARS.

**Secțiunea II conturează planul de dezvoltare viitoare a carierei de cercetare și academice** a autorului, punând accent pe o abordare holistică a studiului atmosferei. **Primul capitol** se concentrează pe exploatarea sinergiilor instrumentale pentru a descrie procesele aerosolilor și norilor, incluzând tranziția de la aerosoli la nori și precipitații și efectele radiative implicate. **Al doilea capitol** descrie planul de progres prin extinderea numărului de Variabile Climatice Esențiale (ECV) măsurate, precum și prin noi servicii ACTRIS și sinergii ICOS-ACTRIS. **Ultimul capitol** detaliază foaia de parcurs instituțională pentru Centrul de Excelență 3e-CARE și ambiția de a mentora noua generație de cercetători la standarde europene.