

Tehnici radio pentru detecția particulelor
cosmice
Rezumatul tezei de abilitare

Alina-Mihaela Bădescu

Scopul principal al acestei teze de abilitare a conf. dr. ing. Alina-Mihaela Bădescu este de a prezenta cele mai importante realizări în plan academic și științific ale autoarei, precum și planurile de dezvoltare viitoare ale carierei. Prezentarea rezultatelor obținute în planul cercetării științifice vizează perioada de după finalizarea studiilor doctorale.

Teza cuprinde o selecție a rezultatelor publicate sau în curs de publicare. Rezultatele cercetărilor s-au materializat în peste 80 de articole indexate ISI, participarea la peste 20 de conferințe internaționale, și câștigarea a 3 naționale și a 2 granturi internaționale. Lucrările au acumulat peste 1200 de citări iar indexul Hirsch este 19 (conform website-ului *Web of Science ResearcherID*, accesat 28.05.2018, <http://www.researcherid.com/rid/B-6087-2012>).

Lucrarea este structurată în șase capitole. Primul realizează o introducere în temele abordate, cu detalierea problematicii și conținutului fiecărei secțiuni, capitolele 2-5 prezintă rezultatele științifice ale autoarei, iar ultimul capitol realizează o sinteză a planurilor de dezvoltare a carierei, cu privire atât la activitatea din sfera academică, cât și la cea de cercetare și profesională.

În capitolele 2–5 am grupat rezultatele cercetării științifice pe patru direcții principale:

- radio detecția razelor cosmice în aer (capitolul 2)
- radio interferometre pentru radioastronomie (capitolul 3)
- radio detecția neutrinilor cosmici în sare (capitolul 4)
- instrumente dezvoltate pentru detecția particulelor cosmice (capitolul 5).

Dintre acestea capitolul 4 reprezintă într-o oarecare măsură continuarea temei tezei de doctorat finalizată în anul 2011 ("Tehnici radio pentru detecția particulelor cosmice", coordonator prof. dr. ing. Teodor Petrescu), realizându-se măsurătorile experimentale necesare pentru a finaliza calculele necesare proiectării unui detector în sare românesc. În plus, deoarece până acum în literatura de specialitate s-au făcut puține eforturi pentru a studia comportarea antenele în medii neconvenționale, am determinat mai întâi semi-empiric funcția de transfer a acesteia și după am efectuat modelarea teoretică a funcționării antenelor în sare. Acest lucru este necesar pentru a putea interpreta și modela propagarea undelor radio în medii heterogene, subiect și el tratat în acest capitol și foarte puțin explorat în lumea academică datorită dificultății sale.

În cazul specific a unei rețele radio pentru detecția razelor cosmice în aer (subiect tratat în capitolul 2), acestea sunt observate indirect prin măsurarea emisiei radio generate în atmosferă prin accelerarea particulelor secundare ("cascada") în câmpul magnetic al Pământului. Măsurarea se face cu antene special concepute, astfel că o descriere bună a răspunsului antenei este un element crucial al reconstrucției câmpului electric tridimensional pe baza tensiunilor măsurate la fiecare stație de detecție radio. Rezultatele obținute au avut la bază simulări și optimizări ale funcționării unui radio detector plecând de la modelarea matematică a câmpului electric în regim radio produs la interacțiunea particulei cosmice în atmosferă și continuând apoi cu elemente de propagare în atmosferă. Analiza interferometrului a presupus și modelări matematice ale sincronizării temporale și spațiale ale detectorului, întrucât radio-detectorul constă într-un număr mare de stații de detecție, dispuse pe o suprafață suficient de mare încât frontul de undă să le atingă la momente mult diferite de timp. Analiza s-a făcut în condiții de zgomot.

Ciclul de detecție al astroparticulelor este finalizat prin determinarea limitărilor și performanțelor de reconstrucție a evenimentelor introduse de instrumentația de măsură, lucru care a necesitat simulări și modelări ale unor fronturi de undă hiperbolice, dar și modelări matematice ale răspunsului circuitelor la diverse tipuri de impuls.

Utilizarea detectoarelor pentru raze cosmice în studiul surselor radio cosmice clasice (de exemplu galaxii radio, pulsari, nebuloase etc.) reprezintă o altă direcție de cercetare a autoarei tezei (capitolul 3). Motivul principal este determinat de costul mai redus al unui astfel de detector, care ar putea fi dezvoltat în perioada următoare în România. S-au modelat matematic și simulat performanțele unor astfel de telescoape folosind concepte standard pentru radioastronomie (acoperire în frecvență, sensibilitate, rezoluție etc.). De asemenea s-au simulat și imaginile care se pot obține asupra diverselor surse cosmice, prin combinarea analizei Fourier bi-dimensionale cu metode de *beamforming* digital (metode care au fost preluate în ultima perioadă și în analiza rețelelor de antene în telecomunicații). Efectul rotației pământului asupra observațiilor este și el analizat din punctul de vedere al transformărilor între diverse spații, iar parametrii și performanțele principale sunt comparate cu o rețea de antene "convențională" pentru radioastronomie (formată din antene parabolice).

Dezvoltarea instrumentelor și tehnicilor pentru studierea particulelor cosmice constituie una dintre prioritățile de vârf în dezvoltarea fizicii astroparticule inter-naționale (capitolul 5 prezintă câteva instrumente realizate de autoarea acestei teze). Astfel de activități sunt de mare interes pentru întreaga comu-

nitare științifică, în special în cadrul observatorului Pierre Auger. Acest lucru va spori vizibilitatea României pe scena științifică și va crește numărul colaborărilor internaționale viitoare. Mai mult, unele dintre instrumentele prezentate pot fi utilizate cu succes în aplicații comerciale: antenele pentru detectarea semnalelor radio care vin dinspre orizont (adică produse de neutrinii cosmici care interacționează în atmosferă) pot fi utilizate atât pentru detectarea acestor particule cosmice, cât și pentru detectarea semnalelor de la sateliții pentru localizare (GNSS). O antena *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) pentru aplicațiile Long-Term Evolution (LTE) este utilă atât în industria auto, cât și în sectorul comunicațiilor (de exemplu pentru transmiterea datelor înregistrate de fiecare stație din observatorul radio).

Ultimul capitol face o trecere în revistă a realizărilor în plan academic, științific și profesional, făcând referire la activitatea de predare, granturile în care am participat ca membru sau coordonator, activitatea de îndrumare a studenților, la activitatea de publicare și la activitățile pe care le-am realizat în afara programului academic, pentru a-mi perfecționa și înnoi cunoștințele de specialitate și cele didactice.

Prezint apoi principalele aspecte pe care le urmăresc din sfera cercetării, la fondurile externe pe care intenționez să le atrag în facultate prin granturi și contracte educaționale și de cercetare, în vederea stimulării cercetării colaborative, a îmbunătățirii activității de predare și a ofertei educaționale, precum și pentru creșterea vizibilității facultății noastre pe plan internațional ca pol de excelență axat pe generarea cunoașterii și transferului tehnologic.

Interdisciplinaritatea tezei este dată de faptul că ea conectează și integrează diferite subiecte și tehnici. Subiectele tratate se află la intersecția a două tendințe de ultimă oră în știință: metode neconvenționale de radiodetectie și astronomia realizată prin observarea particulelor cosmice. Teza se concentrează atât pe dezvoltarea unor tehnici indirecte radio pentru detectarea particulelor cosmice, cât și a modelelor teoretice și experimentale pentru caracterizarea propagării și a echipamentelor radio. Obiectivele de cercetare au fost atinse printr-o abordare *multi-disciplinară* care combină diferite metode de lucru, inclusiv măsurători *in situ* și modelare numerică și simulări. Rezultatele se află la intersecția sectorului academic cu cel industrial, preconizându-se câteva potențiale aplicații industriale.

Lucrarea prezentată, cu titlul "Tehnici radio și instrumentație pentru detecția particulelor cosmice" prezintă în mod documentat realizările profesionale obținute ulterior conferirii titlului de doctor în știință, certificând originalitatea și relevanța contribuțiilor academice, științifice și profesionale și care anticipează o dezvoltare

independentă a viitoarei cariere de cercetare și universitare în domeniul *inginerie electronică și telecomunicații*.

În ceea ce privește planurile de evoluție și dezvoltare, activitatea didactică va viza dezvoltarea aspectelor educaționale prin continua îmbunătățirea metodologiei de predare, prin elaborarea sau reactualizarea materialelor teoretice, prin sprijinirea și implicarea studenților în procesul de învățare și cercetare și prin asigurarea unui schimb de informație la nivel național și internațional. Activitatea științifică va fi focalizată pe trei direcții: cercetare, publicistică, vizibilitate. Cercetarea științifică va fi promovată prin participarea activă la evenimente naționale și internaționale (conferințe, work-shop-uri) și prin proiecte/granturi din cadrul liniilor de finanțare internaționale. Domeniile de cercetare vizate vor fi: detectoare de astroparticule (construcția unui detector românesc), spațiu (dezvoltarea unui program de master), antene și propagare, medicină (radio terapie). În scopul creșterii vizibilității se vor intensifica activitățile în cadrul organismelor profesionale și a structurilor științifice din cadrul domeniului *inginerie electronică și telecomunicații*.

Având în vedere activitatea desfășurată până în prezent la nivel național și internațional, consider că rezultatele pot fi îmbunătățite în mod semnificativ prin extinderea echipei de cercetare cu studenți doctoranzi, sub coordonarea mea, după obținerea abilitării prin intermediul prezentei teze de abilitare.