



HABILITATION THESIS

ENGINEERING APPLICATIONS WITH SPECTRAL PHASE AVERAGED WAVE MODELS



Liliana Celia Rusu





“DUNĂREA DE JOS” UNIVERSITY OF GALATI
Doctoral School of Engineering

HABILITATION THESIS

**APLICAȚII INGINEREȘTI UTILIZÂND MODELELE
SPECTRALE PENTRU VALURI ÎN MEDIE DE FAZĂ**

**ENGINEERING APPLICATIONS WITH SPECTRAL PHASE
AVERAGED WAVE MODELS**

Associate Professor Liliana Celia Rusu

Ph.D. Domain
Mechanical Engineering

Series AI 6 No. 1
GALAȚI 2015

UNIVERSITATEA “DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI
Școala doctorală de Inginerie



TEZĂ DE ABILITARE

**APLICAȚII INGINEREȘTI UTILIZÂND MODELELE
SPECTRALE PENTRU VALURI ÎN MEDIE DE FAZĂ**

**ENGINEERING APPLICATIONS WITH SPECTRAL PHASE
AVERAGED WAVE MODELS**

Conf. dr. ing. Liliana Celia Rusu
Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați

Comisia abilitare:

Domeniul de doctorat
Inginerie Mecanică

Series AI 6 No. 1
GALAȚI 2015

Seriile tezelor de abilitare susținute public în UDJG începând cu 2015 sunt:

Domeniul **ȘTIINȚE INGINEREȘTI**

- Seria AI 1. **Biotehnologii**
- Seria AI 2. **Calculatoare și tehnologia informației**
- Seria AI 3. **Inginerie electrică**
- Seria AI 4. **Inginerie industrială**
- Seria AI 5. **Ingineria materialelor**
- Seria AI 6. **Inginerie mecanică**
- Seria AI 7. **Ingineria produselor alimentare**
- Seria AI 8. **Ingineria sistemelor**

Domeniul **ȘTIINȚE ECONOMICE**

- Seria AE 1. **Economie**
- Seria AE 2. **Management**

Domeniul **ȘTIINȚE UMANISTE**

- Seria AU 1. **Filologie- Engleză**
- Seria AU 2. **Filologie- Română**
- Seria AU 3. **Istorie**

ABSTRACT

The principal area of expertise of the candidate concerns the domain of Mechanical Engineering with direct applications to engineering problems in the field of marine engineering. This includes problems of marine hydrodynamics, especially related to the use of the spectral phase averaged wave models, wave predictions from extended hindcast studies to operational forecast, data assimilation, support for navigation and harbor operations and various issues related to the renewable energy extraction in the marine environment. From this perspective, the major problem targeted behind the direct use of the numerical wave models, would be that a more accurate and realistic prediction of the wave conditions represents a prerequisite in preventing of the natural and technological risks that may occur in deep sea and coastal areas.

The strong international dimension of the research developed by the candidate is also highlighted in the PhD theses. Thus, the first of the two PhDs titles hold by the candidate was awarded (in 2006) by the ‘Dunărea de Jos’ University of Galați, Romania, in the field of Mechanical Engineering, while the second PhD degree was given (in 2009) by the Technical University of Lisbon, in the field of Marine Engineering. After the PhD, in parallel with the activity in the home university, she also collaborated as Associate Researcher in the Centre for Marine Technology and Ocean Engineering (CENTEC), University of Lisbon, where she was the scientist in charge with three research projects and participated also in some other projects as a team member. Finally, it has to be also highlighted the participation in 2014 in a PhD board at the Federal University of Rio de Janeiro, Brasil as well as- the selection in 2015 as an EU expert in the framework of the Horizont 2020 research program.

Even before the PhD studies, the candidate worked for a period of about three years with a scholarship at the Hydrographic Institute of the Portuguese Navy in Lisbon, Portugal. In this quality, she participated in 2003 as a member in the team providing the technical support for the NATO exercise SWORFISH2003.

From the point of view of its area of applicability, the scientific work performed up to the present day by the candidate can be structured in four distinct directions. The first is related to the development of a wave prediction system based on spectral phase averaged wave models. Initially, this system was implemented and calibrated by performing extended hindcast studies. The main target areas considered at this point are the North Atlantic Ocean, especially the west Iberian nearshore and the Black Sea. Further on, as regards the west Iberian nearshore, an operational wave prediction system was developed. This can produce in real time nowcast and forecast products and it was focused on the major Portuguese ports.

The second research direction represents in some sense a natural extension of the first one and it is related to increasing the accuracy of the wave predictions by implementing some data assimilation techniques. At this stage, the research was focused on the same two target areas. Various sequential methods have been implemented and tested in different computational domains, starting from large geographical spaces and up to high resolution areas. In the case of the large domains, satellite data have been assimilated while for the high resolution areas

'*in situ*' measurements were considered. Moreover, this work is a contribution to two research projects, one in Romania and another one in Portugal, where the candidate is the scientist in charge. These are: DAMWAVE (Data Assimilation Methods for Improving the Wave Predictions in the Romanian Nearshore of the Black Sea) a grant from the Romanian Ministry of National Education and WANDA (WAVE predictions in the Nearshore with Data Assimilation), grant supported by the Portuguese Foundation for Science and Technology.

The third research direction concerns providing an effective support for the navigation and for the harbor operations. This includes complex studies of seakeeping in both deep sea and coastal environment, but also wave modelling in approaches to ports. Furthermore, related to the coastal navigation, a particular issue studied regards the effect of the wave-currents interactions. The fourth major research direction is related to the evaluation of the renewable energy resources in the marine environment and of the impact of its extraction. Studies were performed in the Atlantic Ocean but also in various European coastal areas, including the Black Sea, where hybrid wind-wave-current projects may become viable in the near future.

All these research directions are reflected by publications in various journals, some of them being among the worldwide most relevant in domains as *renewable energy* or *marine and coastal engineering*. Moreover, in the last years the candidate participated and presented contributions related to these research directions to more than 25 important international scientific meetings.

The next section of the thesis outlines some perspectives considered by the candidate as effective for improving the future work. Four main research directions appear to be more promising. The first direction regards a systematic assessment of the environmental evolution in the basin of the Black Sea from the perspective of the global climate changes, including analyses concerning the medium and long term wind and wave climate. The second important research direction considered concerns the development of a coupled wind-wave-current modelling system with data assimilation to assure a better prediction of the environmental matrix in the marine environment. The third direction relates studies of the coastal hydrodynamics and providing the environmental support for the nearshore navigation and the harbor operations. The fourth direction considers the European directives related to the renewable energy extraction according to which 20% from the total energy produced in Europe should be renewable until 2020. From this perspective, assessments of the renewable energy resources in the marine environment and evaluations of the impact of its extraction should represent an important research issue. Taking into account the particularities of the Black Sea, the emphasis will be put on hybrid solutions for extraction of the renewable energy in the marine environment.

Finally, it should be underlined the main strategy considered at this moment by the candidate for enhancing her future scientific performance. This is to participate in complementary and multidisciplinary research teams. Only such complex collectives would be able to overcome the strong international competition that exists nowadays in order to win relevant national and international research projects. Of course, the PhD students and postdoctoral fellows should play an active role in these teams.

REZUMAT

Aria principală de expertiză a candidatei se referă la domeniul ingineriei mecanice cu aplicații directe la problemele ingineresti cu specific de inginerie marină. Aceasta include probleme de hidrodinamică marina, și în mod special cele relaționate cu utilizarea modelelor spectrale în medie de fază, realizând predicții ale valurilor, de la studii extinse de tip *hindcast* până la forecastul operational, asimilarea de date, support pentru navigație și pentru operațiunile portuare precum și aspecte privind extragerea energiei refofosibile în mediul marin. Din această perspectivă, se poate afirma că problema majoră țintită prin utilizarea modelelor numerice pentru valuri o reprezintă faptul că o predicție mai realistă a condițiilor de val constituie un aspect fundamental în prevenirea riscurilor naturale și tehnologice care pot apărea în zonele marine sau costiere.

Dimensiunea internațională a cercetării efectuate de candidată este de asemenea subliniată în teză. Astfel, primul dintre cele două titluri de doctor deținute de candidată a fost acordat în anul 2006 la Universitatea ‘Dunărea de Jos’ din Galați, în domeniul inginerie mecanică, în timp ce al doilea titlu de doctor a fost obținut în anul 2009 la Universitatea Tehnică din Lisabona în domeniul ingineriei marine. După doctorat, în paralel cu activitatea de bază din Universitatea ‘Dunărea de Jos’ din Galați, candidata a lucrat în calitate de cercetător colaborator la Centrul pentru Tehnologie Marină și Inginerie Oceanică (CENTEC) de la Universitatea din Lisabona, unde a fost cercetător responsabil la trei proiecte de cercetare științifică și a participat de asemenea ca membru în echipă la alte câteva proiecte de cercetare. În final, trebuie subliniată și participarea în anul 2014 ca referent oficial într-o comisie de doctorat la Universitatea Federală din Rio de Janeiro, Brazilia, ca și selecționarea ei în 2015 de către Comisia Europeană ca expert în cadrul programului Horizont 2020.

Chiar încă înainte de a începe doctoratul, candidata a lucrat pentru o perioadă de aproape trei ani cu o bursă de cercetare la Institutul Hidrografic al Marinei Portugheze din Lisabona. În această calitate, ea a participat în 2003 ca membră în echipa care a asigurat suportul tehnic pentru exercițiul NATO SWORFISH2003.

Din punct de vedere al ariei de aplicabilitate, activitatea științifică desfășurată până în prezent de candidată se poate structura în patru direcții distincte. Prima este relaționată cu dezvoltarea unui sistem de predicție a valurilor bazat pe modele numerice spectrale în medie de fază. Inițial sistemul acesta a fost implementat și calibrat prin realizarea unor studii extinse de tip *hindcast* (reconstituirea condițiilor de val din trecut). Principalele arii țintă considerate au fost Atlanticul de Nord, și în mod special coasta vestică a Peninsulei Iberice și Marea Neagră, Mai târziu, în ceea ce privește vestul Peninsulei Iberice, a fost dezvoltat și un sistem operațional pentru predicția valurilor. Acesta furnizează în timp real previziuni de tip *nowcast* și *forecast* și a fost focalizat pe porturile Portugheze cele mai importante.

Cea de-a doua direcție de cercetare reprezintă o extindere naturală a primei direcții și este relaționată cu creșterea acurateții predicțiilor prin implementarea de metode de asimilare de date. Și în acest caz cercetarea a fost focalizată pe aceleași două arii țintă. Diverse metode

secvențiale au fost implementate și testate în diferite domenii de calcul, pornind de la spații geografice extinse și ajungând la arii de înaltă rezoluție. În cazul domeniilor de calcul mari au fost assimilate datele de satelit în timp ce în cazul ariilor mai mici date provenind de la măsurătorile 'in situ'. Această direcție de cercetare constituie obiectul și a două importante proiecte de cercetare conduse de candidată. Acestea sunt: DAMWAVE (Implementarea de metode de asimilare de date pentru a îmbunătăți predicția valurilor în zonele costiere Românești ale Mării Negre), finanțat de Ministerul Educației Naționale din România în cadrul programului IDEI-2012 și WANDA (Predicția valurilor în ape puțin adânci cu asimilare de date), finanțat de Fundația Portugheză pentru Știință și Tehnologie.

Cea de-a treia direcție de cercetare privește realizarea unui suport efectiv pentru navigație și pentru operațiunile portuare. Aceasta include studii de seakeeping atât în ape adânci cât și în zone costiere și de asemenea pentru a sprijini operațiunile portuare. Un aspect particular relaționat cu navigația costieră îl constituie interacțiunea dintre valuri și curenți. Cea de-a patra direcție majoră de cercetare este relaționată cu evaluarea resurselor de energie refolosibilă din mediul marin și a impactului extragerii acestui tip de energie. Studii au fost realizate privind Oceanul Atlantic, dar și în diverse zone costiere Europene, incluzând și Marea Neagră unde fermele hibride vânt-val-current pot deveni viabile în viitor. Toate direcțiile de cercetare menționate sunt reflectate de publicații în diverse jurnale, dintre care unele sunt cotate printre cele mai relevante în domenii cum ar fi energia refolosibilă sau ingineria costieră și marină. Mai mult, în ultimii ani candidata a participat și prezentat contribuții la mai mult de 25 manifestări științifice internaționale.

Capitolul următor al tezei prezintă câteva perspective considerate de candidată pentru îmbunătățirea activității ei științifice. Patru direcții de cercetare apar mai promițătoare. Prima privește o evaluare sistematică a evoluțiilor climatice din bazinul Mării Negre din perspectiva schimbărilor climatice globale. Aceasta include proiecții pe termen mediu și lung ale climatului de vânt și valuri. Cea de-a doua direcție este relaționată cu dezvoltarea unui sistem cuplat de modelare cu asimilare de date pentru vânt valuri și curenți, pentru a se asigura o predicție mai bună a matricii de mediu în zonele marine. A treia direcție considerată se referă la studii privind dinamica costieră dar și la suportul privind navigația și operațiunile portuare. Cea de-a patra direcție consideră directivele Europene în conformitate cu care 20% din energia totală produsă până în anul 2020 în Europa va trebui să provină din surse refolosibile. Din această perspectivă evaluările resurselor de energie refolosibilă din mediul marin și evaluări privind impactul costier produs de extracția acestei energii reprezintă direcții de cercetare foarte importante. Având în vedere particularitățile Mării Negre, accentul va fi pus pe soluțiile hibride pentru extragerea energiei refolosibile.

Este subliniată în final și principala strategie considerată de candidată pentru creșterea performanțelor ei în cercetarea științifică. Aceasta este să participe în echipe complementare și multidisciplinare de cercetare. Numai astfel de echipe complexe vor putea face față competiției internaționale sporite care există la ora actuală și să câștige proiecte de cercetare naționale și internaționale. Desigur, doctoranzii și post-doctoranzii vor trebui să joace un rol cât mai activ în astfel de echipe.