

UNIVERSITATEA MARITIMĂ DIN CONSTANȚA
Școala doctorală de Inginerie Mecanică

TEZĂ DE ABILITARE

MODELARE HIBRIDĂ ÎN INGINERIA MECANICĂ
HYBRID MODELING IN MECHANICAL ENGINEERING

Rezumat - extras din teză

Conferențiar Dr. Ing. Emil M. OANȚĂ

Domeniu de doctorat: Inginerie Mecanică
Constanța 2018

- Această pagină a fost lăsată necompletată în mod intenționat. -

A. REZUMAT

Teza de abilitare cuprinde conceptele, rezultatele și ideile obținute de-a lungul unei perioade de peste trei decenii de cercetare științifică în ingineria mecanică în care metodele asistate de calculator, în special instrumentele software originale au reprezentat principalul mijloc de investigare.

Primele cercetări au început în timpul studiilor universitare când am fost inclus în proiecte de cercetare științifică de către profesorii mei. Soluțiile mele matematice și implementările modelelor geometrice au fost foarte apreciate la conferințele științifice studentești și la finalizare studiilor universitare eram coautor la 7 lucrări științifice împreună cu profesorii mei, lucrări prezentate de mine la Conferințe Naționale ale profesorilor și cercetătorilor. O altă realizare a fost participarea la elaborarea unei cărți, în care au fost publicate două dintre programele mele. După absolvire, în 1988, am lucrat 2 ani într-un oficiu de calcul unde am început primele proiecte software care m-au ajutat ulterior în primele proiecte de mecanică computațională.

Începând cu anul 1990 am fost preparator universitar și din 1991 asistent universitar. În 1994 am devenit șef de lucrări iar din 2002 sunt conferențiar. În perioada 1990-1991 am participat la cursul de Tensometrie din Catedra de Rezistența Materialelor a Institutului Politehnic din București, curs susținut de valoroși profesori față de care îmi exprim profunda recunoștință. Mecanica experimentală era un domeniu nou pentru mine și am înțeles faptul că studiile experimentale sunt foarte importante în cadrul unui proiect de cercetare. Acesta a fost un nou domeniu pe care l-am adoptat și am participat implicându-mă direct în mai multe proiecte experimentale pentru industrie. De asemenea, am participat la mai multe proiecte științifice și am înțeles că datele rezultate din multe studii erau folosite sau ca date de intrare în alte studii, sau pentru verificarea rezultatelor altor studii.

Primul doctorat este în domeniul Inginerie Mecanică și profesor coordonator a fost domnul profesor Dinu Taraza, care mi-a recomandat cu hotărâre desfășurarea unui proiect experimental pentru industrie ca fundament al viitoare mele teze. Am reușit să finalizez un studiu experimental complex la întreprinderea "MASTER SA", denumirea anterioară fiind "Institutul Național pentru Motoare Termice". După ce domnia sa a devenit profesor la "Wayne State University" am prezentat la Congresul SAE2000 rezultatele studiului experimental și sunt foarte recunoscător domnului profesor Dinu Taraza pentru noile orizonturi deschise atât din perspectivă științifică, cât și din perspectivă umană. Începând cu 1998 noul profesor îndrumător a fost domnul Acad. Dr. H.C. Constantin Aramă, un alt profesor valoros, care m-a îndrumat în ultima perioadă de elaborare a tezei de doctorat apreciată cu calificativul "Cum Laude". După finalizarea tezei de doctorat în 2001, am înțeles faptul că proiectele de complexitate ridicată au 'soluții similare', indiferent de domeniul proiectului și că aceste soluții au un numitor comun. Mai mult, în acest context studiile experimentale au un rol foarte important pentru verificarea modelelor teoretice, deci ar trebui să aibă un rol important și în contextul 'soluțiilor similare'.

Cel de al doilea doctorat a început în 2001 la Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică din cadrul Academiei de Studii Economice București și m-a ajutat să înțeleg complexitatea modelelor economice care erau fundamentate pe formulări probabilistice și stohastice, să îmi actualizez cunoștințele din domeniul programării calculatoarelor, să particip la proiectul LASCOT de tip ITEA și să întâlnesc noi profesori valoroși. Sunt recunoscător domnului profesor Ilie Tamaș, care m-a îndrumat peste două decenii în domeniul programării calculatoarelor și domnului profesor Ioan Odăgescu, îndrumătorul celui de al doilea doctorat, finalizat în 2007. La finalizarea acestui doctorat o nouă idee a apărut: aceea de a integra rezultatele numeroaselor tipuri de studii aparținând unor domenii științifice distincte.

Începând cu 1990 am mai acumulat experiență în mai multe domenii din inginerie deoarece i-am ajutat pe colegi cu implementările pentru tezele lor de doctorat, ceea ce a însemnat pentru mine marea șansă de a învăța mai mult în ceea ce privește fondul matematic al soluțiilor lor și privind implementarea soluțiilor originale corespunzătoare.

Ideea de a include numeroasele studii ale unui proiect, idee persistentă de-a lungul anilor, într-un nivel superior de înțelegere a condus la conceptul de ‘model hibrid’.

În acest fel, un model hibrid este interesant din mai multe puncte de vedere privind soluțiile originale imaginate pentru:

- Componentele analitice care pot fi incluse într-un proiect, secțiunea B.1.4;
- Metodele numerice folosite pentru dezvoltarea de modele numerice, secțiunea B.1.5;
- Expertiza din domeniul mecanicii experimentale necesare într-un proiect, secțiunea B.1.6;
- Câteva proiecte prezentate ca exemple privind complexitatea ridicată, din acest motiv fiind definite drept ‘modele hibride’, secțiunea B.1.7;
- Instrumentele software folosite pentru a rezolva probleme analitice, numerice și experimentale, secțiunea B.1.8;
- Instrumentele software folosite pentru integrarea informațiilor rezultate din studiile individuale într-un metanivel de înțelegere a fenomenelor investigate, secțiunea B.1.8.

O problemă inițială a fost să înțeleg ce definesc cercetătorii prin ‘model hibrid’ și care ar fi rolul mulțimii de concepte prezentate în această teză pentru a defini un ‘model hibrid’, așa cum rezultă din experiența acumulată de mine de-a lungul anilor. În orice caz, definirea unui ‘model hibrid’ ar trebui să fie vagă, deoarece are atributele noțiunii de ‘adevăr’, așa cum ne învață profesorul Liviu Mitrănescu în cursurile de Filozofie din anii 1983-1984:

- Subiectiv, deoarece este rezultatul unui grup care are experiențe și percepții specifice, limitate;
- Relativ, deoarece nu epuizează obiectul cunoașterii;
- Obiectiv, deoarece exprimă aspecte, fapte și soluții ale unei probleme reale.

Aspectele multiple referitoare la denumirea ‘model hibrid’ sunt prezentate în secțiunea B.1.2.

După ce am identificat aspectele de bază ale unui model hibrid, este interesant să avem o viziune de ansamblu privind componentele sale, care pot fi clasificate folosind mai multe criterii. Prima observație ține de natura componentelor sale care pot fi sau teoretice (analitice sau numerice) sau experimentale. Al doilea criteriu se referă la problemele practice care trebuie rezolvate într-un ‘model hibrid’, fiind prezentată o lungă listă de componente, fiecare fiind detaliată într-o secțiune următoare. În final, dar nu în ultimul rând, potrivit criteriului referitor la suportul teoretic folosit pentru a concepe și dezvolta componente ale unui ‘model hibrid’, este prezentată o listă cu discipline studiate în facultate. De asemenea, este prezentată ideea că nu există modele ‘pure’, care să poată fi incluse într-o categorie unică, iar metoda de concepere a modelelor hibride este de a crea o schemă logică ale cărei elemente sunt studii care au intrări, ieșiri, conexiuni între ele, cicluri și criterii de stopare a cercetării, similare cu metodele folosite în Unified Modeling Language, adică UML¹.

Componentele analitice sunt prezentate în secțiunea B.1.4. Pentru a fi mai bine înțelese aspecte incluse în această secțiune, a fost folosită o prezentare graduală, de la simplu la complex. Multe figuri au fost adăugate pentru a susține aspectele tehnice. Implementările originale ale aspectelor teoretice sunt prezentate în secțiune B.1.8 cu scopul de a avea o viziune de ansamblu privind instrumentele software dezvoltate de-a lungul timpului. Primul aspect prezentat în această secțiune se referă la definirea domeniului de calcul, care este de cea mai mare importanță pentru aplicații. De-a lungul timpului am dezvoltat un concept de tip algebră booleană pentru definirea domeniilor. Această algebră booleană operează cu

¹ https://ro.wikipedia.org/wiki/Unified_Modeling_Language, accessed on August 18, 2018.

forme geometrice ‘simple’, în această categorie fiind incluse toate entitățile pentru care există metode directe de calcul pentru parametrii definatorii, care în Rezistența Materialelor sunt caracteristicile geometrice. O definiție generală a unei astfel de entități se bazează pe aproximarea cu funcții spline a frontierelor, în acest fel fiind posibil să definim orice domeniu. Au fost deduse soluții matematice originale de calcul și au fost implementate și testate. O altă definiție generală se referă la aproximarea liniară a frontierei, întregul domeniu fiind împărțit în poligoane. Relațiile de calcul au fost implementate pentru multe forme de secțiuni transversale cu scopul de a studia precizia metodei și pentru a desprinde concluzii generale privind cele mai bune practici care conduc la rezultate precise. Pornind de la domeniile create pe baza unei algebre booleene, am imaginat o metodă pentru calculul automat al tensiunilor normale și tangențiale produse la încovoierea unei bare. Primele rezultate ale implementărilor mele au fost prezentate în 1998, cu mult înainte ca aceste idei să fie găsite în aplicații software comerciale bazate pe metoda elementului finit. Chiar și astăzi algoritmul folosit pentru selectarea celor mai relevante puncte ale tensiunilor oferă rezultate mai bune decât cele din aplicațiile comerciale anterior menționate. Din punct de vedere teoretic, adică matematic, această algebră booleană este generală. Ar trebui de asemenea conceput suportul algoritmic necesar pentru utilizarea practică a definițiilor generale. Ca atare, aspecte privind definirea algoritmică sunt de asemenea incluse în această secțiune, în acest fel fiind definite fundamentele pentru dezvoltarea de software, ceea ce este prezentat în secțiune B.1.8. Cu scopul de a prezenta alte soluții analitice, a fost abordat modelul analitic complex al unui corp de navă folosit pentru a rezolva probleme de rezistență generală a navei. Discretizarea secțiunilor transversale complexe și discretizarea automată a curbilor din planul de forme pentru a calcula forțele Arhimedice sunt câteva dintre problemele legate de modelarea încărcărilor care sunt prezentate în această secțiune. Toate implementările soluțiilor analitice pot fi folosite ca ‘elemente predefinite’ pentru dezvoltarea unui model hibrid.

Componentele numerice ale unui model hibrid au de asemenea o natură teoretică iar soluțiile originale sunt prezentate în secțiunea B.1.5. Am început studiile în această direcție cu metodele numerice generale și le-am testat intens în implementările proiectelor de cercetare ale colegilor. Fiind soluționări matriceale, am conceput și dezvoltat un proiect software care procesează matricele ca fișiere în acces direct, de orice mărime. Această bibliotecă originală a fost de asemenea utilizată pentru dezvoltarea de aplicații bazate pe metoda elementului finit pentru a rezolva probleme structurale și bazate pe metoda diferențelor finite pentru a rezolva probleme de transfer termic și de mecanica fluidelor. Detalii ale acestui proiect software sunt prezentate în secțiunea B.1.8.2. Fundamentul matematic al metodei diferențelor finite aplicată în probleme de transfer termic este de asemenea prezentat în această secțiune. Mai multe idei privind generatoare originale de date de intrare pentru aplicații de element finit și metode originale de a importa date în aplicațiile comerciale sunt prezentate în secțiunea B.1.8.

De-a lungul timpului am considerat studiile experimentale ca fiind de cea mai mare importanță, ca atare am participat implicându-mă efectiv în toate etapele, în mai multe proiecte experimentale. A rezultat o experiență importantă privind ideile și metodele de a concepe, de a dezvolta și de a desfășura un experiment, aspecte care sunt incluse în secțiunea B.1.6. O problemă care trebuie rezolvată în prelucrarea datelor experimentale este de a selecta un subset de date care conține cele mai relevante dintre datele achiziționate experimental. Criteriile folosite pentru crearea acestor submulțimi, implementările și câteva dintre rezultate sunt prezentate în această secțiune. O altă contribuție originală o reprezintă o metodă de determinare automată a câmpului de izostatice, plecând de la câmpul de izocline în fotoelasticimetrie. Această metodă folosește aproximarea spline a curbilor, în această secțiune fiind prezentată teoria, implementarea și rezultatele studiului.

Secțiunea B.1.7 prezintă două exemple de modele hibride. Acest concept s-a cristalizat după 2007, an în care am finalizat cel de al doilea doctorat iar în această secțiune

sunt prezentate toate studiile care sprijină acest concept. Primul studiu se referă la starea de tensiuni din bloc carterul unui motor cu ardere internă. O parte din datele experimentale este folosită pentru calibrarea modelului iar o altă parte este folosită pentru evaluarea preciziei modelului cu elemente finite. Odată ce precizia este atinsă, modelul este folosit pentru a rezolva alte probleme: minimizarea greutății, motor instalat pe suporti deplasați și bloc carter fabricat dintr-un alt material. Cel de al doilea studiu se referă la brațul unui decantor secundar de la o stație de epurare. Au fost create mai multe modele, iar conceptul de ‘bază de date comună’ a fost folosit pentru genera automat datele de intrare ale tuturor modelelor teoretice. Experimentele au fost desfășurate folosind un instrument de măsură conceput de mine, adică un cric hidraulic în care am introdus un manometru, în acest fel fiind folosit ca traductor de forță. Alte metode experimentale au fost de asemenea concepute. Acest studiu este o parte a cercetării dintr-o teză de doctorat și nu prezintă prea multe detalii până la prezentarea publică a tezei. Oricum, mai multe rezultate ale studiilor au fost prezentate în lucrări prezentate de-a lungul timpului, lucrări indexate WoS.

Toate aspectele prezentate în secțiunile anterioare pot fi considerate teorii dacă nu există implementări ale acestora. Secțiunea B.1.8.2 prezintă câteva proiecte software dezvoltate în domeniul mecanicii computaționale. Anterior au fost menționate proiectele referitoare la generatoarele automate de date de intrare (secțiunea B.1.8.1) și despre matricile procesate ca fișiere în acces direct (secțiunea B.1.8.2). Referitor la proiectul de procesare a matricilor ca fișiere, alte componente dezvoltate sunt:

- Interfețe între un fișier ASCII de tip matrice și numeroase limbaje de programare, în acest fel fiind posibilă transferarea de informații între aplicații dezvoltate în limbaje de programare diferite în cadrul unui model hibrid. În anexa C2 este prezentată o aplicație software originală dezvoltată în AutoLISP care conectează fișiere de tip ‘matrice’ cu mediul AutoCAD. Deoarece în AutoLISP sunt implementate numai fișiere în acces secvențial, nu pot fi folosite fișiere în acces direct, soluția mea folosește un program extern care este lansat din aplicația AutoLISP. În funcție de parametrii din fișierul text de configurare a aplicației externe, fișier creat în AutoLISP, aplicația externă citește un anumit element al matricei, adică o anumită linie/înregistrare din fișierul ‘matrice’ și îi scrie câmpurile într-un fișier ASCII, care este ulterior citit în aplicația AutoLISP.
- Există de asemenea soluții pentru minimizarea timpului de acces, fie prin folosirea unui RAM disc, sau prin utilizarea alocării dinamice de memorie, adică a unui vector de liste circulare dublu înlănțuite. Este de asemenea prezentată o generalizare a listei circulare dublu înlănțuite, noua soluție fiind capabilă să încarce tipuri distincte de date și de structuri de date.
- listă de aplicații software originale care folosesc fișiere ‘matrice’ este de asemenea prezentată.

O soluție de creare de interfețe între studiile distincte ale unui model hibrid este foarte importantă și este prezentată în secțiunea B.1.8.3. Aceasta se bazează pe fișiere text de tip CSV, fiind dezvoltate în C++ aplicații de tip ‘header’ pentru diferite tipuri de date conținute de aceste fișiere: numere, șiruri de caractere și altele. Toate aplicațiile C++ care vor fi dezvoltate pot folosi aceste biblioteci de tip ‘header’ pentru a accesa date de intrare din fișiere CSV. O soluție similară a fost dezvoltată în OCTAVE. În mod similar, pentru Femap/Nastran am dezvoltat o aplicație în Visual Basic care citește un fișier CSV și returnează o informație de tip ‘Variant’, care este utilizată ca tablou de valori (matrice). Acest tablou este ulterior folosit pentru a crea submodelele modelului cu elemente finite: geometrie sau discretizare, încărcări și condiții la limită. În acest fel un fișier CSV poate fi folosit de toate componentele unui model hibrid.

Efectuarea de calcule cu precizie arbitrară, adică cu precizie imensă, a devenit o preocupare atunci când soluții matematice ‘pure’ au produs erori de depășire de format, denumite erori de ‘overflow’. Prin folosirea unei precizii extinse adecvate, această problemă a fost depășită și în prezent am un instrument pentru calculul sumelor din dezvoltările în

serie, metodă matematică adeseori folosită în inginerie. Detaliile sunt prezentate în secțiunea B.1.8.4.

Modelele hibride nu pot fi concepute fără componentele software originale respective, concluziile privind ideile, metodele și mediul corespunzător pentru dezvoltarea acestui tip de instrumente fiind prezentat în B.1.8.5.

În cadrul etapelor de procesare de date apar anumite momente în care trebuie elaborate decizii. Analistul nu poate suspenda execuția programului pentru a modifica direcția în care soluția numerică avansează. În orice caz, un analist trebuie să ia în considerare toate criteriile și toate domeniile de valori ale soluțiilor approximate pentru a defini o problemă decizională. O metodă de a elabora decizii obiective este prezentată în B.1.8.6, unde sunt de asemenea prezentate o serie de studii de caz.

În dezvoltarea instrumentelor software ale unui model hibrid vizualizările sunt importante deoarece ochiul sintetizează rezultate exprimate grafic într-un mod mult mai eficient decât prin citirea unei mulțimi masive de informații numerice. Rezultă că un analist trebuie să identifice metodele și instrumentele pentru vizualizări științifice ale datelor, acestea fiind sumar prezentate în secțiunea B.1.8.7.

Există situații când integrarea rapidă a datelor și dezvoltarea rapidă de aplicații software constituie o cerință critică. În aceste cazuri o soluție inteligentă este de folosi principiile conceptului de ‘metaprogramming’. În secțiunea B.1.8.8 sunt prezentate câteva exemple privind câteva programe originale concepute de mine care generează automat programe. În acest fel, procesorul de date care face automat interpolări spline dezvoltat în OCTAVE generează automat programe în mai multe limbaje de programare ce pot fi imediat integrate în aplicații de nivel mai înalt. Alte aplicații originale au fost dezvoltate în C++ sub forma de fișiere ‘header’, deci pot fi folosite de alte aplicații C++. În anexa C1 sunt prezentate câteva dintre programele automat generate.

Studiile teoretice de natură analitică privind rezistența corpului de navă prezentate în secțiunea B.1.4.2 sunt continuate prin prezentarea soluțiilor software în secțiunea B.1.8.9. În prima parte a secțiunii sunt prezentate: principiile care trebuie avute în vedere când o nouă problemă trebuie rezolvată (exprimată sub forma unei scheme logice), algoritmul universal de rezolvare a problemelor conceput de Herbert Alexander Simon și un algoritm interesant bazat pe ideea de minimizare, de contracție succesivă a spațiului de căutare a soluțiilor. Implementarea acestei idei în cazul problemei echilibrului navei pe apă calmă a dus la un volum de iterații de $2.48834E-07\%$ față de cel calculat pentru metoda Greedy care ar conduce la aceeași precizie a rezultatelor. În finalul secțiunii este prezentată aplicația MIPVes dedicată desenării automate a diagramelor de eforturi și a formei deformate a structurii pentru un model analitic de corp de navă. Facilitățile aplicației sunt prezentate pe scurt.

Activitățile în domeniu educațional sunt prezentate în secțiunea B.1.9. Cursurile oficial recunoscute în domeniul educațional la care am participat, o listă cu absolvenții care au confirmat valoarea lor și titlul de ‘Profesor Bologna’ sunt primele idei prezentate în această secțiune. Urmează metodele educaționale pe care le folosesc pentru a crește gradul de motivare al studenților: bonus pentru prezență, bonus pentru răspunsuri și comentarii inteligente, materiale educaționale de tip multimedia care urmează a fi dezbătute la ore, examene parțiale. Integrarea Rezistenței Materialelor în ansamblul planului de învățământ, diagramele principalelor noțiuni (capitole/module) care sunt prezentate la începutul fiecărui curs, formularul original de feedback care trebuie completat de studenți în ultimele săptămâni ale semestrului sunt de asemenea amintite. Două exemple privind materialele vizuale folosite la dezbateri sunt de asemenea prezentate.

Secțiunea B.2 conține direcții de dezvoltare în cercetare și în domeniul educațional, fiind identificate patru direcții principale.

Un prim grup de idei este dedicat recunoașterii modelelor repetitive în mai multe domenii și metode de a aplica metode noi din IT, de exemplu algoritmi meta-euristici, pentru

a rezolva probleme într-un alt domeniu din știință, cum ar fi motoarele cu ardere internă. Poate fi observat un domeniu larg de teme de cercetare care pot folosi instrumentele software deja dezvoltate de mine.

Conceperea de noi metode de calcul în ingineria mecanică pe baza unor abordări matematice originale reprezintă cel de al doilea grup de idei. Astfel, este prezentată o listă de probleme care pot fi modelate, ca o continuare firească a problemelor rezolvate până în prezent. Soluțiile software corespunzătoare pot fi folosite ca ‘prefabricate’ în proiecte de nivel superior, cum ar fi dimensionarea automată sau modelele hibride.

Conceperea de metode noi de calcul și de vizualizare bazate pe cele mai recente realizări din IT reprezintă cea de a treia direcție.

Noi idei privind dezvoltarea de aplicații într-un mod cât mai general pot fi găsite în literatura de specialitate care tratează subiectul ‘design pattern’.

Calculul paralel reprezintă o metodă de a crea rezolvitori rapizi care pot fi folosiți pentru a concepe noi soluții matematice și noi algoritmi. În acest sens Open MPI și CUDA pot asigura suportul tehnic necesar unor astfel de dezvoltări.

Calculul cu precizie arbitrară (extinsă) este important, în această direcție fiind necesare funcții trigonometrice de precizie controlabilă care pot fi folosite în serii trigonometrice. Amintesc faptul că una dintre soluțiile de a evita apariția erorilor de tip ‘overflow’ este folosirea preciziei extinse.

Referitor la crearea de interpretoare grafice pentru vizualizări științifice, pot fi folosite mai multe idei: OpenGL API pentru grafică personalizată, biblioteca CGAL pentru algoritmi în geometrie și ParaView pentru soluții de nivel înalt. Pentru partiționarea discretizărilor în metoda elementului finit și pentru partiționarea grafurilor poate fi folosită soluția METIS, care are atât programe independente, cât și o interfață de programare prin care îi pot fi folosite bibliotecile.

O componentă a mediului de dezvoltare de instrumente software este OCTAVE, fiind necesară încorporarea, înglobarea bibliotecilor OCTAVE în aplicații C++. În acest fel pot fi folosite bibliotecile performante de metode numerice în instrumentele C++ ale modelelor hibride.

Crearea de lucrări de laborator care să permită operarea de la distanță poate conduce la crearea unei rețele de astfel de facilități, pe care le denumesc ‘e-Labs’. Aceste facilități pot fi folosite prin acces partajat de mai multe universități sau grupuri de cercetare. Aceasta este o altă idee de dezvoltare în direcția studiilor experimentale.

O direcție de dezvoltare în domeniul educațional, secțiunea B.2.2, este de a crește inteligența emoțională a studenților noștri odată cu creșterea cunoștințelor tehnice și a aptitudinilor lor. În acest sens, studenții ar trebui să fie conștienți că “*IQ gets you hired, but EQ gets you promoted!*”. Studenții trebuie de asemenea încurajați să facă legături între influențele de tipuri diferite pentru a înțelege un fenomen: temperaturi înalte/reduse, coroziune, materiale speciale și altele. Colectarea de noi materiale multimedia pentru a fi incluse în biblioteca de materiale grafice pentru predare constituie o altă direcție.

Rezumatul este o prezentare succintă a tezei de abilitare, care, la rândul ei, este un raport concis al activității mele de-a lungul a mai mult de trei decenii. Pentru a concluziona, modelele și mentorii pe care i-am avut de-a lungul studiilor universitare și în special a celor doctorale m-au ajutat de-a lungul anilor să găsesc soluții în perioadele de întrebări, de întrebări multiple. Am înțeles că munca asiduă, răbdarea, siguranța și dorința de a construi o ierarhie de valori adevărate, așa cum sunt profesorii mei, vor oferi mereu satisfacții. Consider că această teză este un semn de recunoștință pentru ei și o promisiune pentru generațiile următoare.