



RAPORT DE EVALUARE AL COMISIEI DE ABILITARE

Din data de: **13.04.2018**

Numele și prenumele candidatului: **Itu Lucian Mihai**

Titlul tezei de abilitare: **Computational Methods for Personalized Cardiovascular Medicine**

Domeniul de studii universitare de doctorat: **Ingineria Sistemelor**

Denumirea Instituției Organizatoare de Studii Universitare de Doctorat (IOSUD) unde a avut loc ședința publică de susținere a tezei de abilitare: **Universitatea Transilvania din Braşov**

Punctele tari ale tezei de abilitare:

➤ Teza de abilitare elaborată de conf. dr. Lucian Mihai ITU reflectă convingător nivelul științific și didactic la care autorul a ajuns într-o carieră universitară de excepție. Lucrarea răspunde la toate exigențele cerute de legile în vigoare privind abilitarea în învățământul superior, prezentând rezultate științifice de foarte înalt nivel, confirmate și validate de comunitatea internațională și națională, cu contribuții remarcabile în domeniul medicinei personalizate, care are ca scop personalizarea strategiei de tratare a pacienților pe baza unor caracteristici, condiții, necesități sau particularități individuale, de-a lungul tuturor etapelor relevante pentru pacienți, începând de la prevenție și diagnostic și până la tratament și monitorizare ulterioară. În sinteză și din punct de vedere statistic putem remarca:

- 48 articole științifice publicate dintre care: jurnale ISI 13, clasificate ISI Proceedings 20, clasificate BDI 15;
- Factor de impact cumulat pentru articole publicate în jurnale ISI: 106.7
- 3 granturi obținute prin competiție la nivel internațional ca responsabil de proiect / partener;
- 2 granturi obținute prin competiție la nivel național ca responsabil de proiect / partener;
- 9 granturi de cercetare internaționale / naționale la care a fost membru în echipa de cercetare;
- 18 brevete de invenție;
- 87 citari de carti, articole in reviste si publicate in proceedings-uri;
- 4 cărți și capitole în cărți de specialitate dintre care: publicate în edituri internaționale 1, în edituri românești 3 la care se adaugă și 2 manuale și îndrumare;



- Are indicele Hirsh 8 in Thomson ISI Web of Science si 13 in Google Scholar;
- Bolile cardiovasculare reprezintă principala cauză de deces la nivel mondial. În acest context teza de abilitare se concentrează asupra medicinei cardiovasculare personalizate, și în mod special asupra metodelor computaționale care includ următoarele arii de interes: modelare multisclara personalizată a hemodinamicii arteriale, inteligență artificială și procesare paralelă în modelarea hemodinamică multisclară. Toate cele trei arii sunt esențiale pentru a atinge obiectivul final al aplicării modelor în rutine clinice pentru evaluarea non-invazivă și personalizată a patologiilor cardiovasculare. În acest sens trebuie subliniată originalitatea rezultatelor activității de cercetare științifică în domeniul medicinei personalizate:
 - framework ierarhic de estimare a parametrilor pentru realizarea unor simulări hemodinamice personalizate în modele arteriale, care folosesc arbori structurați ca și condiții de frontieră. Se formulează o problemă de calibrare la fiecare nivel al framework-ului ierarhic, care caută soluția de punct fix a unui sistem de ecuații neliniare. Proprietăți hemodinamice precum rezistența și complianța sunt estimate la primul nivel pentru a îndeplini o serie de obiective formulate pe baza unor măsurători clinice de presiune și/sau debit. La al doilea nivel se estimează parametri arborilor structurați astfel încât să se obțină valorile proprietăților hemodinamice determinate la primul nivel. O caracteristică cheie a metodei propuse este faptul că, pentru a asigura o gamă largă de variație a valorilor acestor proprietăți, se personalizează doi parametri diferiți ai arborilor structurați pentru fiecare proprietate hemodinamică.
 - un framework de estimare a parametrilor pentru personalizarea automată și robustă a hemodinamicii aortice pornind de la date de rezonanță magnetică 4D. Framework-ul este bazat pe un model hemodinamic multisclara de ordin redus de interacțiune fluid-solid și pe două proceduri de calibrare. Inițial, se personalizează parametrii windkessel ai condițiilor de frontieră de ieșire prin rezolvarea unui sistem de ecuații neliniare. Apoi, se personalizează proprietățile mecanice ale peretelui aortic prin formularea unei probleme de minimizare a celor mai mici pătrate. Cele două proceduri de calibrare sunt rulate secvențial și iterativ până când se obține convergență pentru ambele proceduri. Global, modelul computațional a produs rezultate apropiate de măsurătorile clinice care au fost folosite în formularea obiectivelor de personalizare.
 - o metodologie de separare a rigidității arteriale, determinate in vivo, în rigiditate a peretelui arterial și rigiditate a țesutului înconjurător. Se consideră o presiune efectivă perivasculară care introduce o constrângere radială. În continuare, pornind de la date in vivo, achiziționate la faza diastolică, se estimează ariile secțiunilor transversale la presiune arterială nulă. În final, rigiditatea peretelui arterial și a țesutului înconjurător sunt determinate pe baza unui model cu două arcuri paralele. Cu ajutorul unui model multisclara



de ordin redus, metodologia este folosită pentru studiul efectului global al țesutului înconjurător asupra hemodinamicii arteriale.

- un model pentru estimarea non-invazivă a buclelor de presiune-volum personalizate pentru ventriculul stâng. Se folosește un model cu parametrii distribuiți al circulației, bazat pe circulația pulmonară venoasă, atriul stâng, ventriculul stâng și circulația sistemică. Un framework complet automatizat de estimare a parametrilor este prezentat pentru personalizarea modelului, care este format din două etape secvențiale: inițial se calculează direct o serie de parametri și, în continuare, se aplică o metodă de calibrare bazată pe optimizare pentru a estima iterativ valorile celorlalți parametri ai modelului cu parametrii distribuiți.
- Una din cele mai interesante metodologii prezentate în această lucrare este bazată pe un model de inteligență artificială pentru estimarea rezervei fracționare de debit (FFR) ca alternativă la abordările bazate pe modele de dinamica fluidelor. Modelul este antrenat cu ajutorul unei baze de date mari formată din anatomii coronariene sintetice, pentru care valorile de referință de FFR sunt calculate cu modelul de dinamica fluidelor. Modelul antrenat prezice FFR la fiecare locație a arborelui arterial și performanța lui a fost evaluată prin compararea predicțiilor cu valorile obținute cu ajutorul modelului bazat pe dinamica fluidelor și cu valorile de FFR măsurate invaziv pentru 87 de pacienți 125 de leziuni în total. S-a obținut o corelație excelentă între predicții, neputând fi observat nici un bias în analiza Bland-Altman. În comparație cu modelul bazat pe dinamica fluidelor, timpul de execuție a fost redus de mai mult de 80 de ori, conducând la o evaluare în timp real a FFR.

Toate aceste enumerări subliniază capacitatea candidatului de a genera subiecte de cercetare pe direcții generatoare de teze de doctorat și de post-doctorat, direcții care se înscriu în cele mai moderne domenii de cercetare avansată declarate prioritare de U.E.

- Capacitatea de a superviza numeroase lucrări de licență și de masterat pe următoarele teme:
 - Simulări hemodinamice bazate pe metoda Lattice Boltzmann
 - Implementarea bazată pe GPU a algoritmului Multigrid
 - Căutare semantică

Trebuie menționat faptul că studenții și masteranzii care au lucrat la aceste teme au publicat lucrări științifice la conferințe internaționale pe baza rezultatelor obținute:

- GPU Accelerated Information Retrieval Using Bloom Filters, International Conference on System Theory, Control and Computing, 2015;
- GPU Accelerated Geometric Multigrid Method: Performance Comparison on Different Architectures, Inter. Conf. on System Theory, Control and Computing, 2015;



- GPU-accelerated model for fast, three-dimensional fluid-structure interaction computations, Annual Inter. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society, 2015;
 - Optimized Three-Dimensional Stencil Computation on Fermi and Kepler GPUs, IEEE High Performance Extreme Computing Conference, 2014.
- Candidatul este implicat activ în supervizarea activitatii a doi doctoranzi, Cosmin Niță și Anamaria Vizitiu, pe teme:
- Simulări hemodinamice interacțiune fluid-solid bazate pe metoda Lattice-Boltzmann;
 - Diagnosticarea pacienților cu cancer mamar folosind metode bazate pe rețele neurale adânci.

Punctele slabe ale tezei de abilitare:

Nu este cazul

Întrebările formulate de comisie și răspunsurile candidatului / Observațiile comisiei /

Prof. univ. dr. ing. Vladimir RĂSVAN

Este impresionat de lista de publicații a Dl. Lucian Ițu, arată o putere de muncă uriașă. Se află pe un domeniu de vârf și de interes. Nu există boli, ci există bolnavi. De obicei ne bazăm pe analize medicale. A remarcat modelele prezentate. O parte le folosește în context industrial. Parametrii modelului de unde sunt luați.

Î. De unde sunt luați parametrii modelului Navier-Stokes; modelul folosit este 1D sau 3D?
R. O parte din parametri sunt setați la valori medii ale populației, alții sunt personalizați; măsurătorile făcute sunt neinvazive în bună măsură; depinde de tehnica imagistică (RMN poate indica viteza sângelui, iar angiografia poate oferi informații pentru calculul vitezei). Se folosește un model simplificat pentru a reduce viteza de procesare și se folosesc procesoare GPU.

I. V-ați pus problema cum se pun condițiile la limită?

R. Da, prima problemă a fost obținerea de soluții stabile numeric și de stabilitate a soluției relativ la parametri măsurați; se folosesc modele specializate care simulează ce se întâmplă în microcirculație. O particularitate este folosirea presiunii ventriculului stâng. Se obține o formă de debit stabil.

I. Problemele pot apărea din condiții inițiale care pot fi aleatorii; infarctul poate apărea din cauza unei unde de soc. Se pot folosi ecuații cu derivate parțiale. Problematika este foarte vastă. Este necesară o viziune inginerască.

R. Am o bună colaborare cu spitalul Floreasca de unde colectez informații.

Prof. univ. dr. ing. Corneliu LAZĂR

Este impresionat de întreaga muncă depusă și rezultatele remarcabile; numeroase lucrări publicate și contracte coordonate de dl. Ițu.

I. Ați trecut într-o fază superioară privind măsurarea presiunii. Cum ați făcut validarea rezultatelor?



R. S-a facut o validare pe datele sintetice (12000 valori sintetice), apoi s-a facut validare pe 125 de date preluate de la pacienti. Pe viitor voi trece la combinarea datelor obtinute prin modele de inteligenta artificiala

I. Care este statutul cererilor de brevete?

R. Dintre cele 18 brevete 5 sunt acceptate, celelalte sunt in curs de evaluare.

Prof. univ. dr. ing. Dan ȘTEFĂNOIU

S-a evocat inteligenta artificiala, din care se pot extrage o multime de modele/metode.

I. Care din modelele/metodele de inteligenta artificiala au fost utilizate?

R. Am inceput cu metoda support vector machine, iar apoi am trecut pe deep learning care da bune rezultate cand este volum mare de date.

I. Daca aceste modele au fost optimizate sau nu si daca au fost folositi algoritmi euristici?

R. Fiecare model a fost antrenat; s-a facut optimizarea parametrilor; s-a facut optimizare iterativa. La partea de deep learning sunt multi parametri de avut in vedere. S-a facut acumulare de cunostinte de la un model la altul.

Pentru rezolvarea problemelor de optimizare exista in literatura de specialitate o multime de algoritmi care ar putea functiona - de ex. Algoritmi genetici;

Ceea ce a prezentat dl. Itu este la un nivel foarte ridicat. A fost impresionat si de teza de doctorat la care a fost membru al comisiei. Ar dori sa existe mai multi astfel de tineri; remarca pasiunea cu care abordeaza acest subiect, are rabdare sa comunice cu medicii, ei avand, de regula, o viziune diferita.

Este sigur ca va gasi doctoranzi care sa fie, de asemenea, pasionati de aceste subiecte.

Rezultatul votului: Comisia a hotărât, cu unanimitate de voturi, acceptarea tezei de abilitare în vederea obținerii atestatului de abilitare în domeniul *Ingineria Sistemelor*.

CONCLUZIA COMISIEI DE ABILITARE: În urma analizei activității științifice si didactice a candidatului conf. dr. ing. ITU LUCIAN MIHAI, comisia a constatat că acesta îndeplinește toate condițiile necesare obținerii atestatului de abilitare pentru conducerea de doctorat în domeniul Ingineria Sistemelor.

COMISIA DE ABILITARE

Nume și prenume:

Prof. univ. dr. ing. Vladimir RĂSVAN

Universitatea din Craiova

Prof. univ. dr. ing. Corneliu LAZĂR

Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași

Prof. univ. dr. ing. Dan ȘTEFĂNOIU

Universitatea Politehnica din București

Semnătura

Universitatea Transilvania din Braşov
Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor

PROCES VERBAL

Încheiat cu ocazia susținerii publice a tezei de abilitare **elaborată de conf. dr. ing. Lucian Mihai Itu, în vederea obținerii atestatului de abilitare, în domeniul Ingineria Sistemelor**

Președintele deschide ședința, anunță scopul și prezintă comisia de specialiști, formată din:

- SPECIALIST: Prof. univ. dr. ing. Vladimir RĂSVAN
Universitatea din Craiova
- SPECIALIST: Prof. univ. dr. ing. Corneliu LAZĂR
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași
- SPECIALIST: Prof. univ. dr. ing. Dan ȘTEFĂNOIU
Universitatea Politehnică din București

Se dă cuvântul d-lui Lucian Mihai Itu, care prezintă sinteza tezei de abilitare.

Se dă cuvântul, în continuare, specialiștilor din componența comisiei de specialitate pentru evaluarea tezei de abilitare.

Se consemnează întrebările formulate de membrii comisiei de specialitate și de publicul participant, precum și răspunsurile candidatului:

Prof. univ. dr. ing. Vladimir RĂSVAN

Este impresionat de lista de publicații a Dl. Lucian Itu, arată o putere de muncă uriașă. Se află pe un domeniu de vârf și de interes. Nu există boli, ci există bolnavi. De obicei ne bazăm pe analize medicale. A remarcat modelele prezentate. O parte le folosește în context industrial. Parametrii modelului de unde sunt luați.

Î. De unde sunt luați parametrii modelului Navier-Stokes; modelul folosit este 1D sau 3D?
R. O parte din parametri sunt setați la valori medii ale populației, alții sunt personalizați; măsurătorile făcute sunt neinvazive în bună măsură; depinde de tehnica imagistică (RMN poate indica viteza sângelui, iar angiografia poate oferi informații pentru calculul vitezei). Se folosește un model simplificat pentru a reduce viteza de procesare și se folosesc procesoare GPU.

I. V-ați pus problema cum se pun condițiile la limită?

R. Da, prima problemă a fost obținerea de soluții stabile numeric și de stabilitate a soluției relativ la parametri măsurați; se folosesc modele specializate care simulează ce



se intampla in microcirculatie. O particularitate este folosirea presiunii ventriculului stang. Se obtine o forma de debit stabil.

I. Problemele pot aparea din conditii initiale care pot fi aleatorii; infarctul poate aparea din cauza unei unde de soc. Se pot folosi ecuatii cu derivate partiale. Problematika este foarte vasta. Este necesara o viziune inginereasca.

R. Am o buna colaborare cu spitalul Floreasca de unde colectez informatii.

Prof. univ. dr. ing. Corneliu LAZĂR

Este impresionat de intreaga munca depusa si rezultatele remarcabile; numeroase lucrari publicate si contracte coordonate de dl. ITU .

I. Ati trecut intr-o faza superioara privind masurarea presiunii. Cum ati facut validarea rezultatelor?

R. S-a facut o validare pe datele sintetice (12000 valori sintetice), apoi s-a facut validare pe 125 de date preluate de la pacienti. Pe viitor voi trece la combinarea datelor obtinute prin modele de inteligenta artificiala

I. Care este statutul cererilor de brevete?

R. Dintre cele 18 brevete 5 sunt acceptate, celelalte sunt in curs de evaluare.

Prof. univ. dr. ing. Dan ȘTEFĂNOIU

S-a evocat inteligenta artificiala, din care se pot extrage o multime de modele/metode.

I. Care din modelele/metodele de inteligenta artificiala au fost utilizate?

R. Am inceput cu metoda support vector machine, iar apoi am trecut pe deep learning care da bune rezultate cand este volum mare de date.

I. Daca aceste modele au fost optimizate sau nu si daca au fost folositi algoritmi euristici?

R. Fiecare model a fost antrenat; s-a facut optimizarea parametrilor; s-a facut optimizare iterativa. La partea de deep learning sunt multi parametri de avut in vedere. S-a facut acumulare de cunostinte de la un model la altul.

Pentru rezolvarea problemelor de optimizare exista in literatura de specialitate o multime de algoritmi care ar putea functiona - de ex. Algoritmi genetici;

Ceea ce a prezentat dl. Itu este la un nivel foarte ridicat. A fost impresionat si de teza de doctorat la care a fost membru al comisiei. Ar dori sa existe mai multi astfel de tineri; remarca pasiunea cu care abordeaza acest subiect, are rabdare sa comunice cu medicii, ei avand, de regula, o viziune diferita.

Este sigur ca va gasi doctoranzi care sa fie, de asemenea, pasionati de aceste subiecte.

Prof.univ.dr.ing. Sorin Moraru

Multumeste membrilor comisiei pentru participare.

Evaluarea sa pentru activitatea dlui Lucian ITU este: exceptional, atat ca student, ca tanar cercetator cat si in calitatea de cadru didactic. Deja colaboreaza cu doi tineri doctoranzi.



Din 10 proiecte desfasurate in Departamentul de Automatica si Tehnologia Informatiei, 5 sunt conduse de Lucian ITU, suma fiind de aprox. 400.000 EU si a atras 62 de parteneri straini in aceste proiecte.

În final, după deliberări, președintele de comisie prezintă rezultatul propus de comisia de specialitate.

În încheierea ședinței, se dă cuvântul candidatului.

Președinte,

Prof. dr. ing. Sorin-Aurel Moraru

Secretar,

Conf. dr. ing. Delia Ungureanu