



Universitatea Babeş-Bolyai
Facultatea de Matematică și Informatică
Strada M. Kogălniceanu nr. 1
400084, Cluj-Napoca, România
<http://www.ubbcluj.ro>

Contribuții la probleme deschise de Inginerie Software

Rezumatul tezei de abilitate

Conf. dr. Andreea Vesca

2022

Această teză de abilitare este rezultatul cercetărilor mele în domeniul vast al ingineriei software, continuând atât temele investigate în timpul doctoratului cât și abordând de noi subiecte legate de domeniul ingineriei software. După susținerea doctoratului în octombrie 2008 (obținerea diplomei în februarie 2009), am continuat să lucrez la *Problema de selecție a componentelor* prin încorporarea aspectelor referitoare la perspectivele *multinivel* și *dinamic* referitoare la modificările mulțimii de componente sau a cerințelor sistemului. De asemenea, am început să explorez alte subiecte din subdomeniul ale ingineriei software, mai precis, *calitatea și testarea sistemelor soft*, domenii care sunt și ele în strânsă legătură de activitățile mele de predare. În urma acestei relații dintre cercetare și predare, noi cercetări au fost direcționate și către domeniul *Computer Education research (CER)*. Această teză prezintă rezultatele obținute în urma cercetării proprii, activitatea concentrându-se atât pe aspectele teoretice ale activităților din domeniul inginerie software (selectarea componentelor, predicția defectelor, prioritizarea cazurilor de testare), cât și pe aplicațiile diferitelor metode de rezolvare a acestor activități, de la algoritmi genetici la abordări bazate pe fuzzy, rețele neuronale și metode de optimizare a coloniilor de furnici. Investigarea modului de a preda și de a învăța eficient a fost realizată prin utilizarea *învățării prin experiență* și a altor metode de învățare activă. Astfel, activitatea prezentată în cadrul acestei teze are o importanță deosebită pentru cariera științifică, profesională și academică, fiind un argument pentru dezvoltarea independentă a cercetărilor și carierei didactice viitoare.

Analiza aprofundată a tematicilor de top, a tendințelor și a cercetătorilor din Ingineria software (*G. Mathew and T. Menzies, "Software Engineering's Top Topics, Trends, and Researchers," in IEEE Software, pp. 88-93, 2018, <https://doi.org/10.1109/MS.2018.3571230>*) a dezvăluit primele 11 tematici. Tematicile abordate în cercetările mele sunt incluse în această listă, ca *arhitectura*, *testare* și *metrici*. Există o tendință în creștere în publicarea de articole pe aceste tematici precum *testing* și *metrici*.

Realizările științifice sunt rezumate în paragrafele următoare. Publicarea în reviste și conferințe de înalt rang, împreună cu un număr mare de citări, demonstrează originalitatea și impactul cercetării științifice realizate.

Problema de selecție a componentelor. Ingineria software bazată pe componente (CBSE) are scopul de a proiecta, selecta și compune componente. Obiectivul principal al CBSE este de a obține un sistem mai bun și mai eficient, cu un timp de dezvoltare cât mai scurt și folosind componente existente, mai degrabă decât dezvoltarea unor componente noi. Pe măsură ce numărul componentelor software disponibile în comerț crește, devine mai dificil să selectăm mulțimea specifică de componente pentru a îndeplini cerințe sistemului cu un anumit set de obiective (cum ar fi costurile și numărul de componente utilizate). Problemele de identificare și selectare a celor mai potrivite componentelor software dintr-o varietate de opțiuni pentru a satisface un set de cerințe au primit o atenție considerabilă în domeniul CBSE în ultimele două decenii.

Problema de selecție a componentelor (Component Selection Problem - CSP) a fost cercetată în timpul doctoratului și a continuat ulterior. Cele două noi perspective considerate, și anume *multinivel* și modificarea *dinamică* a depozitului de componente sau/și a cerințelor sistemului, sunt explorate utilizând diverse metode: algoritmi genetici, abordări bazate pe fuzzy și evaluarea arhitecturii bazate pe metrici soft. Două abordări care utilizează valorile metricelor software pentru a partiționa setul candidat de componente și apoi pentru a construi sistemul pe baza criteriului de funcționalitate

au fost propuse. De asemenea, este propus un studiu de replicare a unei metode de programare genetică pentru sintetizarea caracteristicilor unui model.

Rezultatele originale din domeniul CBSE au fost publicate în reviste ISI de rang A și B, respectiv revista de rang B+ CNCSIS, iar în cadrul unor conferințe rezultatele au fost diseminate în conferințe de rang A (workshop) și C.

Impactul acestor investigații este susținut prin citarea de către alți cercetători: reviste ISI de rang A, B și C, conferințe de rang C, respectiv în teză de doctorat.

Calitatea software-ului (SQ). Se efectuează investigații continue privind măsurarea și asigurarea calității software-ului sistemelor. Evaluarea și predicția atributelor de calitate ale sistemului software se realizează folosind metrici software, știind că o bună structură internă a sistemului software influențează în mare măsură atributele de calitate externe ale acestuia.

Investigațiile de cercetare referitoare la *Calitatea software-ului* au început după doctorat, fiind corelate cu disciplina predată *Verificarea și validarea sistemelor software*. Mai precis, este investigat atributul de calitate a fiabilității (*reliability*) și sunt aplicate două abordări: regresia multiplă și rețelele neuronale folosind diferite categorii de priorități ale erorilor. O altă abordare a calității software-ului se referă la descoperirea regulilor defectelor bazate pe metrici folosind Ant Colony.

Rezultatele obținute au fost publicate în reviste ISI de rang B și reviste de rang B+ CNCSIS, respectiv conferințe de rang A* (workshop), A, A (workshop). În prezent, alte două manuscrise despre predicția mentenabilității (*maintainability*, definită prin modificări ale codului) și mentenabilitatea în sistemele embedded sunt în curs de recenzare/revizuire.

Abordările propuse în ceea ce privește atributele de calitate sunt relativ noi, publicate din 2019 până în 2021, astfel încât doar câteva citări sunt până acum “vizibile”, totuși credem că alți cercetători vor încorpora descoperirile noastre în noi direcții de cercetare. Altă lucrare (care a investigat schimbarea mentenabilității) pe care autoarea a publicat-o despre aspectele calității software-ului (publicat în 2016, înainte de 2019) este citată de două articole publicate în conferințe de rang B, respectiv de o lucrare publicată în revista ISI de rang B.

Software Testing (ST). Sistemele software suferă modificări frecvente în ceea ce privește corectarea erorilor, îmbunătățirea funcționalității sau adaptarea la un mediu nou. Indiferent de motivul modificării, software-ul trebuie testat pentru a se asigura că noua ajustare nu are un impact negativ neașteptat asupra celorlalte părți software complet funcționale. Este nevoie de *Testarea de regresie* (RT). Există diverse strategii care pot fi utilizate pentru a reduce costurile și timpul în cadrul testării de regresie, cu o eficiență mai bună, printre care amintim minimizarea cazurilor de testare, selecția cazurilor de testare și prioritizarea cazurilor de testare.

Investigarea problemei *Prioritizarea cazurilor de testare* (*Test Case Prioritization - TCP*) a început după studiile doctorate, fiind corelată cu disciplina predată *Verificarea și validarea sistemelor software*. Au fost utilizate trei abordări diferite: soluție care utilizează algoritmi genetici, soluție pe baza clasificării cazurilor de testare pe baza rețelelor neuronale și ordonarea ulterioară a acestora pentru a obține prioritizarea optimă, respectiv soluția care utilizează sistemul de colonii de furnici pentru a construi “drumurile” optime ale furnicilor pentru a vizita cazurile de testare. De asemenea, este important de menționat că, pe lângă contribuțiile legate de metodele utilizate, s-a propus o formalizare a problemei TCP prin încorporarea cerințelor funcționale și a

dependențelor de cerințe.

Rezultatele originale asupra problemei TCP au fost publicate în lucrări la reviste ISI de rang A, de rang B (în curs de recenzare), respectiv în cadrul unor conferințe de rang A, rang A (workshop), rang C-CORE 2017, proceedings Springer.

Abordările TCP propuse sunt noi; majoritatea dintre ele sunt publicate în 2021/2022, astfel încât numărul de citări este de așteptat să crească, până în momentul scrierii tezei fiind citări în reviste ISI de rang B, conferință de rang C și teză de doctorat.

Cercetarea în educație în domeniul informaticii (Computer Science Education research (CSEd)). Studiarea modalității prin care oamenii învață și predau este cunoscut sub numele de *Computing Education Research* (CER) sau *Computer Science Education* (CSEd). De-a lungul anilor de predare au fost propuse diverse strategii de învățare, de la *Learning by doing* și *Experiential Learning* (*învățarea experiențială*) până la gamification și metode de autoevaluare și exersare.

Am explorat diverse metode pentru a facilita învățarea, de la utilizarea metodei *învățării experiențiale* pentru a preda concepte legate de verificarea și testarea modelelor până la utilizarea gamificării pentru învățarea unor concepte diverse despre testarea sistemelor soft. A fost investigată și abordarea învățării în cicluri *cyclic learning* pentru a obține competențe despre calitatea software-ului. Participarea studenților la învățare a fost, de asemenea, studiată și analizată folosind metode active de învățare. Descoperirea timpurie a concepțiilor greșite legate de testare și mașini cu stări finite a fost, de asemenea, utilizată și aplicată în cadrul cursurilor predate.

Descoperirile și rezultatele privind strategiile de învățare au fost publicate în următoarele lucrări: reviste ISI de rang A, rang C, revista de rang B+ CNCSIS, respectiv în cadrul unor conferințe de rang A* (workshop), rang B-CORE2020.

Impactul acestor investigații asupra facilitării învățării este susținut prin citarea de către alți cercetători, iar dezvoltările ulterioare sunt propuse după cum urmează: citări în cadrul unor conferințe de rang B și D.

Activitatea de cercetare desfășurată până în prezent s-a concretizat în 85 de lucrări științifice: 1 cărți/capitole de carte, 37 ISI (8 reviste ISI și 29 lucrări ISI Proceedings), 40 conferințe internaționale (18) și reviste (22) și 7 conferințe și reviste naționale. Printre revistele ISI de prestigiu în care au fost diseminate rezultatele cercetării noastre, menționăm: *Empirical Software Engineering*, *Soft computing*, *Logic Journal of the IGPL*, *Journal of Neural Network World*.

Analiza din articolul “Software Engineering’s Top Topics, Trends, and Researchers” (in IEEE Software, vol. 35, no. 5, pp. 88-93, 2018, <https://doi.org/10.1109/MS.2018.3571230>), a dezvăluit cele mai importante conferințe și reviste pentru publicarea cercetărilor din domeniul Software Engineering. Diseminarea investigațiilor mele de cercetare s-a realizat în unele dintre conferințele menționate (ACM SIGSOFT International Symposium Software Testing and Analysis (ISSTA), IEEE International Conference Software Testing (ICST), International Conference Software Maintenance and Evolution (ICSM), Simpozion Foundations of Software Ing. (FSE)), respectiv revistele incluse în lista (Empirica Software Engineering (ESE), Information and Software Technology (IST, lucrare în curs de recenzare), Software Quality J. (SQJ, două lucrări în curs de recenzare)). De asemenea, merită menționat că am recenzat lucrări trimise la o parte dintre conferințele și revistele menționate în studiu.

Impactul cercetării referitoare la articolele care citează articole ale autoarei este următorul: tip A* - 24 puncte, tip A - 72 puncte, tip B - 74 puncte, tip C - 26 puncte și

tip D - 15,5 puncte, deci un total. de 210,5 puncte cu total A * + A + B de 170. Printre revistele ISI de prestigiu în care au fost citate articolele, menționăm: *IEEE Transactions on Software Engineering*, *IEEE Software*, *Journal of Information and Software Technology*, *Journal of Software: Practice and Experience*, *Journal of Systems and Software*, *Journal Knowledge and Information Systems*, *Information Sciences*, *Applied Sciences Advances in Intelligent Systems and Computing*.

Din anul 2005, am participat în unsprezece proiecte de cercetare. Am fost și sunt coordonator (director) a două proiecte naționale de cercetare (Tineri Doctoranzi - Studies on formal modeling of software components. Applications - cu pagina proiectului https://www.cs.ubbcluj.ro/~avescan/TD_272/, Tinere Echipe, ORCHESTRA - nOvel appRoaCHEs based on Soft compuTing for softwaRe evolution: change and defect management, <https://www.cs.ubbcluj.ro/~avescan/orchestra/>) și a două proiecte internaționale cu componentă de cercetare ELEVATOR (European and International Cooperation Grant, University of Namur and Babes-Bolyai University, 1.01.2021 - 31.12.2022 - ELEVATOR - tEaching, Learning and EValuating in a sociAlly disTancing wORld, <https://www.cs.ubbcluj.ro/~avescan/elevator/>) și *Le pont durable* (AUF grant, starting 21.12.2020, ending 20.12.2021, cu pagina proiectului <https://www.cs.ubbcluj.ro/~avescan/lepondurable/>), respectiv al unui grant de colaborare cu industria (AISS grant (Accenture Industrial Software Solutions), 2016, Title: SBSE techniques for regression testing in IoT (SBSE-RT-IoT)). Am fost membru în echipa altor patru proiecte de cercetare, respectiv am fost beneficiarul a două granturi de tip fellowships, unul pe componentă de cercetare din domeniul educației și altul pe componentă de cercetare din domeniul calității sistemelor embedded. Toate proiectele de cercetare sunt în domeniile ingineriei software, a inteligenței computaționale și a cercetării în educație.

În cadrul grupului de cercetare *Software engineering* (homepage grup de cercetare <https://softwareengubb.wordpress.com/>) am colaborat cu studenți astfel: în cadrul disciplinei *Practică în specialitate*, în cadrul disciplinelor predate (ca activitate bonus de cercetare), coordonând studentă în cadrul concursului *Bursă de cercetare pentru studenți*, cu finalizarea investigațiilor în publicații colective în reviste ISI sau conferințe de prestigiu în domeniu.

Teza este structurată pe baza contribuțiilor menționate mai sus, după cum urmează.

Capitolul *Introducere* prezintă principalele realizări din perspectivele științifică, profesională și academică, evidențiind vizibilitatea internațională a rezultatelor sale științifice.

Capitolul 1, *Dezvoltare software bazată pe componente și dezvoltarea produselor soft pe linie de producție*, prezintă rezultatele investigației *Problema de selecție a componentelor*, concentrându-se pe cele două noi perspective, respectiv *multinivel* și modificarea *dinamică* a depozitului de componente sau/și a cerințelor sistemului soft. Au fost utilizate diferite metode: algoritmi genetici, abordări bazate pe fuzzy și evaluarea arhitecturii bazate pe metrici. Acest capitol prezintă, de asemenea, un studiu de replicare a unei abordări de programare genetică pentru sinteza caracteristicilor modelelor în contextul liniilor de producție software. Sunt descrise cele patru dimensiuni ale studiului de replicare, împreună cu proiectarea experimentală și rezultatele obținute.

Capitolul 2, *Calitatea sistemelor software*, prezintă cercetarea atributului de calitate

a fiabilității (*reliability*). Sunt aplicate două abordări: regresie multiplă și rețele neuronale care utilizează diverse categorii de priorități de erori. O altă abordare propusă se referă la descoperirea regulilor defectelor bazate pe metrici.

Capitolul 3 *Testare sistemelor software. Prioritizarea cazurilor de testare (TCP)*, explorează diverse abordări pentru problema TCP investigată: algoritm genetic, clasificarea rețelelor neuronale a cazurilor de testare și ordonarea ulterioară pentru a obține prioritizarea optimă și Ant Colony System pentru a construi “drumurile” optime ale furnicilor pentru a vizita cazurile de testare.

Capitolul 4, *Computing Education Research*, prezintă explorarea și concluziile noastre cu privire la utilizarea *învățării experiențiale* pentru a preda conceptele legate de verificarea și testarea modelelor, gamificarea pentru diferite concepte din domeniul testării software și modul în care am identificat devreme concepțiile greșite cu privire la testare și mașini cu stări finite.

Capitolul 5, *Plan de dezvoltare a carierei*, conturează sinteza activității de predare și cercetare, împreună cu proiectele și vizitele de cercetare. Sunt preconizate obiectivele viitoare ale predării și cercetării și sunt descrise strategiile și mijloacele de realizare a acestora.

Capitolul 6, *Concluzii și direcții viitoare de cercetare*, prezintă principalele concluzii despre abordările noastre, prezentând pe scurt și în mod structurat rezultatele cercetării, indicând și potențiale îmbunătățiri și direcții de cercetare.

Teza se finalizează cu o listă de referințe bibliografice utilizate în cadrul tezei.