



Universitatea *Transilvania* din Braşov

**TEZĂ DE ABILITARE
REZUMAT**

Aplicarea Digitalizării în Ingineria Sistemelor

Domeniul: Ingineria Sistemelor

Autor: Constantin Suci

Universitatea: Universitatea Transilvania din Braşov

BRAŞOV, 2017

Digitalizarea reprezintă utilizarea *technologiilor digitale* cu scopul de a modifica modelul de afaceri/operare pentru furnizarea de venituri suplimentare organizațiilor și pentru identificarea de oportunități de generare de noi fluxuri de valoare. În același timp, digitalizarea urmărește *creșterea eficienței proceselor deja funcționale*.

Domeniile care sunt influențate de consumatorul final (de ex. media, comerțul) au fost influențate într-o măsură semnificativă datorită evoluției dispozitivelor mobile și a sistemelor de calcul bazate pe arhitecturi de tip many/multi-core. Sectoarele care sunt strict reglementate sau sensibile (de ex. utilități, sănătate) sunt încă într-o fază relativ de început în ceea ce înseamnă adoptarea digitalizării. Introducerea digitalizării poate fi obținută prin dezvoltarea pe următoarele paliere:

- a. Generarea de modele care să reprezinte procesul/sistemul cât mai aproape de realitate;
- b. Achiziția de date de la proces/sistem indiferent unde se află dispozitivele datorită evoluției rapide ale tehnologiilor de comunicație; stocare și analizarea unor volume masive de date în intervale de timp extrem de scurte;
- c. Accelerarea simulării de modele specifice/"personalizate" ale sistemelor sub observație folosind aspectele de la punctele a și b, precum, și a analizei datelor colectate; detecția de modele comportamentale;
- d. Generarea și gestionarea dinamică a comenzilor pentru îmbunătățirea către sistem supervizat în combinație cu simularea modelelor "personalizate" pentru a prezice efectul comenzilor aplicate (de ex. optimizarea consumurilor energetice într-o fabrică, mentenanță/operare predictivă sau prescriptivă);

Activitatea de cercetare prezentată în această lucrare se pliază în special pe palierele *a* și *c*, abordând și aspecte din palierele *b* și *d*.

O metodologie pentru modelarea mașinii de inducție cu impedanță rotorică modificată nerezistiv a fost dezvoltată pentru o evaluarea facilă a performanțelor unei mașini de inducție în cazul în care în circuitul rotoric este introdus un condensator a cărui valoare poate fi modificată în mod dinamic. Metodologia permite estimarea valorii condensatorului necesară pentru a obține performanțele dorite. Abordarea teoretică a arătat posibilitatea de a îmbunătăți factorul de putere, eficiența și diagrama cuplu-rotatie pe baza unui set de ecuații. Pentru validarea acestor modele din punct de vedere practic, a fost folosit un mecanism de emulare de efecte capacitive variabile care a fost dezvoltat anterior. Rezultatele experimentale pe un motor de inducție de putere mică au arătat că acestea sunt similare cu rezultatele simulărilor. Factorul de putere și eficiența se îmbunătățesc practic pentru orice cuplu de sarcină. Raportul turație-cuplu este îmbunătățit prin creșterea cuplului maxim dezvoltat. Performanțe optime la un cuplu de sarcină dată pot fi obținute numai prin varierea valorii condensatorului aplicat în circuitul rotoric. Analize echivalente au fost făcute pentru motorul de inducție monofazat.

Persoanele cu boli cardiovasculare sau care prezintă un risc ridicat (datorită prezentei unor factori de risc cum ar fi hipertensiunea, diabetul etc.) au nevoie de detecție timpurie și un management corespunzător al tratamentului. Dezvoltarea de modele cardiovasculare personalizate a avut o contribuție semnificativă în acest sens. Provocarea în ceea ce privește modelarea cu acuratețe a sistemului cardiovascular este dată de faptul că acesta este un circuit închis cu un grad înalt de interdependență între compartimentele vasculare individuale. Studiul curgerii locale a sângelui este deosebit de important din moment ce anumite patologii, cum ar fi îngrosarea locală a vaselor sau formarea de stenoze, sunt influențate de hemodinamica locală. În același timp, modificări locale cum ar fi lumenul vascular, pot conduce la redistribuiri globale a curgerii sângelui determinând mecanisme compensatorii

care să asigure rate de curgere suficientă în zona distală a vasului afectat. Simularile 3D la scara completă a curgerii sângelui sunt extrem de solicitante din punct de vedere computațional și pot fi realizate doar pe un număr redus de vase. Influența reciprocă între hemodinamica globală și cea locală precum și cerințele de calcul ridicate ale simulărilor 3D, au condus la conceptul de modelare multi-scalară a curgerii sângelui care a fost preluată și în activitățile prezentate în această lucrare. Doar zonele de interes din cadrul arborelui arterial - de ex. segmentele care sunt îngustate și prezintă depuneri - sunt simulate folosind modelul complet 3D în timp ce pentru celelalte segmente se folosesc modele de ordin redus (modele 1D pentru arterele largi și modele 0D pentru arterele mici și microvasculatură). Modelele de ordin redus produc rezultate viabile în ceea ce privește presiunea și rata de curgere, iau în considerare în mod corect efectul în zona distală a vaselor și al microvasculaturii, facilitând timpi de execuție de câteva ori mai mici decât în cazul simulărilor corespondente 3D. Modelele de curgere ale sângelui uni-dimensionale au fost investigate pe baza ecuațiilor Navier-Stokes folosind vâscoelasticitatea pereților vaselor, precum și condițiile de frontieră pe baza unor metode cum ar fi Lex-Wendrof, variantele implicite respectiv explicite. În vederea obținerii de modele personalizate cât mai apropiate de realitate este necesară determinarea condițiilor de frontieră realizând măsurători de presiune arterială în stare de repaus și de hiperemie. În combinație cu modelele vaselor stenozate, este posibilă estimarea valorii coeficientului FFR (Fractional Flow Reserve) ca element de evaluare non-invazivă a gradului de stenozare a vasului.

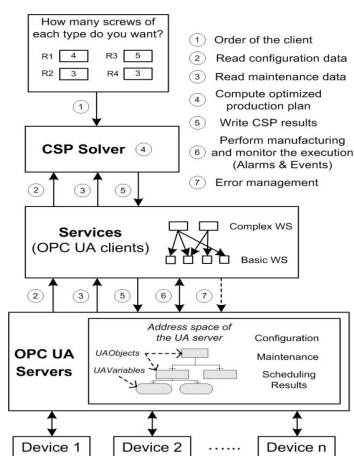
Aplicarea metodologiilor de calcul de înaltă performanță (HPC-high performance computing) a fost investigată pentru a obține accelerări ale simulării algoritmilor medicali. Deși modelele unidimensionale ale curgerii sângelui sunt în general cu două ordine de mărime mai rapide în comparație cu cel 3D, cerințele de a avea timpi de execuție foarte scurți rămân valide. Rezultatele simulărilor curgerii sângelui pe geometrii specifice pacientului în context clinic trebuie obținute într-un timp corespunzător nu doar din perspectiva riscului potențial de sănătate dar și în ceea ce înseamnă procesarea mai multor pacienți într-un anumit interval de timp. Este crucial să existe sincronizare între simularea cardiovasculară și starea specifică a pacientului. Procedura de "acordare" a modelului cu pacientul solicită rulări repetate pe aceeași geometrie având parametrii diferiți (de ex. condițiile de frontieră de intrare, ieșire, etc.) până când măsurimile măsurate respectiv simulate se potrivesc. Acest fapt sporește timpul de execuție pentru o geometrie specifică a unui singur pacient. Prin urmare, activitățile de investigare au fost realizate în vederea de a beneficia de capacitățile de calcul sporite ale unor platforme cu GPU pentru a optimiza timpul de execuție a diferitelor tipuri de ecuații diferențiale ca și bază pentru modele mult mai complexe. Următorul pas a fost obținerea accelerării modelelor unidimensionale utilizând abordări cum ar fi: Parallel Hybrid CPU-GPU cu operațiuni compacte de copier (PHCGCC) sau simplu Parallel GPU (PGO). Acestea au fost aplicate și pentru modelul arterial al întregului corp compus din 51 de artere iar accelerarea pentru cele două abordări a fost comparată atât cu varianta pe CPU a unui singur fir de execuție cât și multi-fir de execuție. Simulările au fost realizate pe două scheme numerice de ordin al doilea diferite, utilizând modele elastice respectiv vâscoelastice ale peretului, condiții de frontieră Windkessel sau arbore structurat, ca exemple reprezentative ale fiziologiei non-periodice respectiv periodice a condițiilor de frontieră de ieșire. Simulările au arătat accelerări de câteva ordine de mărime comparativ cu abordarea secvențială.

Costurile pentru pregătirea activităților de producție reprezintă aproximativ o treime din totalul costurilor de producție. Dinamica dată de cererile consumatorilor, globalizarea, nevoia de a exista o corelare a producției cu prețurile fluctuante ale materiilor prime-precum și disponibilitatea acestora- exercită o presiune asupra companiilor manufacturiere în a găsi modalități inovatoare de a-și configura sistemul de producție pentru a fi capabili să satisfacă

cerințele clienților la termenul solicitat, optimizând costurile de producție cu scopul maximizării profitului companiilor. Prin urmare, una dintre direcțiile de investigație a fost optimizarea fluxului de producție pentru a satisface într-un interval de timp minim solicitările dinamice de manufacturare ale unor game de diferite de produse prin metodologii automatizate. Această optimizare este obținută pe baza unei arhitecturi ce poate fi folosită practic în orice fabrică fiind flexibilă și adaptivă, îndeplinind următoarele criterii din punct de vedere funcțional:

- Optimizarea procesului de producție prin calcularea planului optim de manufacturare;
- Utilizarea automată a castor planuri-fără intervenția operatorului;
- Dezvoltarea unei arhitecturi flexibile și reutilizabilă care scurtează timpii necesari mentenanței, instalării și configurării, oferind posibilitatea de a reacționa rapid la cerințele pieții;
- Tranziția lină de la configurațiile existente la noua abordare;

Arhitectura dezvoltată pentru a satisface cerințele menționate mai sus a constat din 3 nivele:



- **OPC UA (OLE-Object Linking and Embedding- for Process Control Unified Architecture)** – colectează date de la dispozitivele, senzorii și elementele de execuție de pe linia de producție, le modelează într-un mod standardizat și asigură comunicarea în timp real cu acestea;

- Nivelul de servicii software – elementul central al arhitecturii asigurând flexibilitatea și adaptabilitatea sistemului; serviciile software au o contribuție majoră în realizarea acestui nivel;

- Nivelul CSP (Constraint Satisfaction Problem) – se adresează optimizarea planurilor de producție folosind conceptele de programare a constrângerilor/dependențelor dintre diferitele elemente care influențează întreg procesul.

Conceptul a fost implementat și validat pe o linie de producție flexibilă de laborator.

Activitățile de cercetare au fost susținute prin intermediul proiectelor finanțate public național și European iar rezultatele s-au concretizat în 37 articole la conferințe și în jurnale ISI, cu factor de impact cumulativ de peste 80.