

Rezumat

Această teză reprezintă o sinteză a cercetărilor noastre relevante, desfășurate începând cu anul 2006 la Universitatea Politehnica Timișoara. Esențială pentru orice cale de cercetare, drumul său definitoriu nu poate fi asimilat unei linii drepte, experimentând influențe și incursiuni legate de o serie de domenii aparent disjuncte. Pornind de la domeniul calculului bioinspirat, această teză reunește rezultatele cercetărilor din lumea dominată de incertitudine a proceselor stocastice, cruciale pentru înțelegerea și controlarea fiabilității proceselor și sistemelor de calcul, cu cele provenite din valorificarea potențialului dat de plasticitatea informației. Contribuțiile noastre se referă la probleme provocatoare de optimizare multi-obiectiv, cum ar fi cea a traficului urban, și la aplicații ale învățării automate (*machine learning*), oferind o mai bună înțelegere a complexității gesturilor umane pentru detectarea violenței sau monitorizarea respectării aderenței la tratamente medicale.

Începutul tezei conține rezultatele cercetărilor postdoctorale privind calculul fiabil, concentrându-se pe caracteristicile sistemelor așa-zis *dependabile*, descrise prin calități precum fiabilitatea, disponibilitatea și performabilitatea sau prin strategii de toleranță la erori implementate prin mecanisme de autotestare și autoreparare. Cercetarea noastră este motivată de nevoia de operațiuni critice fiabile, de la procese medicale la procese bancare și industriale, și de sisteme necesare pentru operarea îndelungată în medii greu accesibile, izolate, cum ar fi zonele marine, nucleare sau activități de explorare a spațiului extraterestru. Efectuând o schimbare de scară de la macro către micro, fiabilitatea rămâne relevantă în domeniul nanoelectronicii, unde agresivitatea mediului și absența posibilității intervenției umane la o astfel de scară necesită fiabilitate proiectată intenționat față de fiabilitatea obținută ca o formă de proprietate naturală. Profund conectate la complexitatea fiabilității, calculul bioinspirat și calculul cuantic reprezintă doi vectori tehnologici emergenți, considerați cruciali pentru viitorul calculatoarelor și proceselor computaționale.

Explorând limitele ingineriei proceselor ontogenetice în electronica digitală, proiectul Embryonics propune o rafinare a organizării ierarhice a sistemelor de calcul bio-inspirate, reprezentând o rețea de entități paralele (populația), formată dintr-o multitudine de organisme multicelulare, fiecare constând dintr-un număr finit de celule (nivelul celular), care la rândul lor sunt formate dintr-un număr finit de molecule electronice (nivelul molecular). Prin urmare, în Embryonics, un organism biologic este echivalent cu un sistem de calcul paralel, o celulă biologică cu un procesor, în timp ce molecula în biologie poate fi

echivalată cu elementul atomic programabil din electronica digitală.

Dacă natura folosește legături chimice complexe pentru a asambla molecule și a construi apoi în mod ierarhic, lumea electronicii digitale este constrânsă de resursele existente (hardware) care trebuie gestionate prin intermediul informației (a datelor și programelor software). Fizica calculului cuantic solicită în mod particular atenție, deoarece stările cuantice microscopice sunt predispuse la erori frecvente, care pot altera consistența proceselor de calcul cuantic. Ingineria și evaluarea fiabilității unor astfel de structuri inovatoare este crucială pentru proiectarea sinergică hardware-software implicată și pentru continuarea avansului acestor domenii.

Domeniul calculului fiabil se extinde dincolo de evenimentele aleatorii determinate de fizică sau mediul înconjurător, prezența actorilor rău-intenționați fiind o preocupare modernă care justifică criptografia și steganografia. Algoritmii criptografici trebuie să reziste unei game largi de criptanalize, în timp ce tehnicile steganografice trebuie să evite detectarea prin atacuri de steganaliză. Prin urmare, o proximă parte a tezei este dedicată rezultatelor privind implementarea unor modele de criptare de mare viteză în cadrul standardului AES, precum și redistribuirea inteligentă a informației prin intermediul unor algoritmi steganografici de mare capacitate.

Viața reală prezintă o diversitate consistentă de domenii care necesită optimizare multi-obiectiv și care ar putea beneficia în mod semnificativ de algoritmi, metode și instrumente specifice informaticii și ingineriei calculatoarelor. Astfel de situații implică o varietate de obiective conflictuale, în care dependențele reciproce duc la variații neliniare ori de câte ori se încearcă maximizarea vreunuia dintre ele. Ultima parte a acestei teze este dedicată prezentării cercetărilor noastre privind aplicații ale algoritmilor genetici și a rețelelor complexe asupra problemei dificile a obținerii de fluxuri optime în traficul urban. Ramânem în domeniul calculului bioinspirat prin abordarea unor subiecte referitoare la utilizarea învățării automate, cu scopul de a oferi o mai bună înțelegere a dinamicii traficului urban, în special a condițiilor care duc la apariția congestiei.

Înțelegerea acțiunilor umane într-un mediu cu resurse computaționale limitate a fost, de asemenea, explorată pentru detectarea violenței în fluxuri video, vizând aplicații pentru procesarea fluxurilor video live de la camerele publice de supraveghere. O dorință continuă a echipei noastre, proiectarea și implementarea unor dispozitive reale, practice, s-a concretizat dintr-o perspectivă a unei aplicații medicale, aceea de a oferi monitorizarea continuă a aderenței la tratament prin recunoașterea în timp real a gesturilor mâinilor.

Un astfel de efort are calitatea de a expune o multitudine de provocări ingineresti atunci când se experimentează cu gesturile mâinilor, pentru a oferi rezultate fiabile provenind de la un dispozitiv ce produce informații care, deși dense în valori, sunt restrânse ca și arie de acoperire. Asigurarea nivelului de calitate și a atenției la detalii care ar garanta funcționarea precisă a unui dispozitiv medical de monitorizare rămâne o provocare care merită investigată și în viitor.