

Știința Rețelelor în Ingineria Calculatoarelor și Tehnologia Informației

Teză de abilitare

Mihai UDRESCU-MILOSAV

Rezumat

Încă de la începutul noului mileniu, suntem martorii apariției noii științe a rețelelor complexe – Complex Networks; acest nou domeniu include elemente multiple din fizică, matematică, precum și din știința calculatoarelor. Mai concret, știința rețelelor complexe descrie structura și comportamentul sistemelor complexe care pot fi modelate ca grafuri, adică structuri matematice ce conțin obiecte sau noduri care sunt conectate prin linii sau legături. Spre deosebire de teoria convențională a grafurilor, rețelele complexe conțin un număr enorm de noduri (până la câteva milioane) și o topologie complexă cu interconectare neregulată.

Deși domeniul rețelelor complexe este implicit multidisciplinar, este legat în mod particular de fizică, mai precis de fizica statistică și sistemele complexe. De asemenea, rețelele complexe compensează decalajul dintre complexitate și modelele algoritmice, ceea ce în schimb pavează calea pentru o mulțime de aplicații inovative în domenii precum biologia, medicina, economia, științele sociale sau fizica. Mai mult decât atât, în cazul domeniului calculatoarelor, cercul se închide complet, de vreme ce teoria rețelelor complexe poate fi folosită pentru a rezolva probleme complicate legate de calculatoare și inginerie electrică.

Având în vedere aplicațiile sale, vastul domeniu al rețelelor complexe poate fi împărțit în: rețele biologice (precum rețele de boli, trofice, de gene, de căi biologice, metabolice, de interacțiune dintre proteine, de interacțiune dintre medicamente, etc.), rețele tehnologice (rețele de calculatoare, world wide web, rețele de șosele și alte căi de transport, de distribuție a energiei electrice, de componente electronice, de clase din software, etc.), rețele sociale (rețele sociale online, politice, economice, de prietenie, de colaborare, etc.), rețele semantice (rețeaua semantică LISP, rețele de cuvinte din limbajul uzual).

Domeniul global al Tehnologiei Informației cuprinde diferite abordări în care algoritmii și aplicațiile lor sunt utilizate pentru progresul biologiei, medicinei, farmacologiei sau fizicii sociale. Într-adevăr, în ultimul deceniu am asistat la progrese remarcabile în medicina personalizată, bazată pe tehnici de big data și tehnologii de calcul precum analiza rețelelor complexe, machine learning (inclusiv deep learning). Mai mult decât atât, progresul fizicii sistemelor sociale este remarcabil începând cu momentul răspândirii pe scară largă a rețelelor sociale online.

Abordarea noastră cu privire la folosirea rețelelor complexe în tehnologia informației este realizată pe două planuri. În primul rând, propunem noi modele algoritmice pentru simularea dinamicii opiniei în rețelele sociale. În continuare, ne validăm modelul de diseminare a opiniei bazată pe toleranță prin comparația cu comportamentul social detectat în date din lumea reală provenite din Twitter, Facebook și Yelp. De asemenea, ne analizăm și confirmăm ipoteza prin furnizarea unei interpretări probabilistice comprehensive a modelului nostru computațional bazat pe toleranță.

Cercetarea noastră din domeniul analizei algoritmice a rețelelor sociale este publicată în 3 jurnale ISI (inclusiv în prestigioasele jurnale *Computer Communications* și *PeerrJ Computer Science*), precum și în 9 articole de conferință indexate ISI Proceedings. Ca recunoaștere a contribuției noastre la domeniul rețelelor complexe, articolul cu care am participat la European Network Intelligence Conference, Ediția a 2-a, de la Karlskrona, Suedia, intitulat "FMNet: Physical Trait Patterns in the Fashion World", a obținut premiul pentru cel mai bun articol.

În al doilea rând, aplicăm o clusterizare duală a rețelei complexe, care se bazează atât pe clasele de modularitate cât și pe algoritmi de poziționare a nodurilor în rețea bazați pe interacțiunea forțelor, cu scopul de a contribui la domeniile network medicine și network pharmacology. În cazul network medicine, am clusterizat rețele ale pacienților cu OSAS (sindromul de apnee obstructivă în somn), pentru a genera fenotipuri de pacienți care pot fi apoi folosite eficient în gestionarea bolnavilor în conformitate cu principiile medicinei personalizate. În cazul network pharmacology, folosim metodologia proprie de clusterizare duală cu scopul de a extrage proprietăți farmacologice pentru medicamente numai pe baza informațiilor referitoare la interacțiunile medicamentoase. În acest scop, construim o rețea complexă a interacțiunilor medicament-medicament, pe care o procesăm prin definirea algoritmică a comunităților funcționale de medicamente; analiza comunităților obținute de medicamente conduce la recuperarea unor exemple de re poziționări anterioare, dar și la propunerea de importante noi re poziționări. Activitatea noastră de cercetare în domeniile network medicine și re poziționarea computațională a medicamentelor s-a concretizat prin publicarea a 2 articole în jurnale ISI (inclusiv în revista *Scientific Reports* a grupului editorial Nature), precum și a 4 articole de conferință.

Cercetarea noastră viitoare se va axa pe aplicarea rețelelor complexe în ingineria calculatoarelor și analiza big data. Astfel, noi oferim o vedere de ansamblu a felului în care analiza de rețea poate fi folosită pentru optimizarea comunicației în sistemele multi-nucleu de tip NoC (Network-on-Chip). Într-adevăr, evaluarea noastră inițială dovedește că – din punct de vedere conceptual – topologiile fractale pot oferi pentru sistemele NoC o infrastructură de comunicație cu consum redus de putere, fiabilă și performantă.

Propunem de asemenea pentru dezvoltarea pe viitor a activității de cercetare, folosirea tehnologiilor IoT pentru colectarea semnalelor fiziologice cu scopul de a gestiona și obține un diagnostic precoce pentru afecțiuni respiratorii precum OSAS și BPOC (bronho-pneumopatie obstructivă cronică). În acest context, tehnologiile IoT sunt folosite pentru a aduna o cantitate imensă de date din semnale fiziologice (frecvența respirației, spirometrie, frecvența cardiacă, electroencefalograma, etc.) ce vor fi procesate folosind analiza spectrelor multi-fractale, cu scopul de a obține rețeaua compatibilității pacienților care va fi apoi analizată cu instrumentele rețelelor complexe. Aceste eforturi de cercetare vor fi susținute prin grantul de cercetare PNCDI III P2, 31PED/2017, cu titlul "Internet of Things și știința rețelelor complexe pentru predicția precoce și gestionarea bronho-pneumopatiei cronice obstructive".