

Sisteme complexe și rețele: aplicații interdisciplinare de la probleme de optimizare până la rețelele din creier

Rezumatul tezei de abilitare

Dr. Maria-Magdolna Ercsey-Ravasz

Sistemele și rețelele complexe apar în aproape orice domeniu al științei. Sunt necesare colaborări multi- și interdisciplinare pentru a descoperi secretele structurii și/sau dinamicii lor.

În Partea I a acestei teze vă prezint principalele mele rezultate în acest domeniu începând cu anii mei de cercetare postdoctorală. Am lucrat pe multe subiecte diferite, cu toate acestea, complexitatea, dinamica neliniară, știința rețelelor vor apărea în mod repetat de-a lungul capitolelor.

În Capitolul 1 prezint munca mea în domeniul rezolvării problemelor dificile de optimizare cu sisteme dinamice în timp continuu. După o scurtă introducere despre problemele de satisfacere a constrângerilor, vor fi prezentate detaliile sistemului dinamic dezvoltat pentru rezolvarea problemei de satisfacere booleană NP-completă (k -SAT). Acest sistem dinamic are proprietatea de a avea puncte fixe stabile doar în soluțiile problemei date, deci dinamica nu se va opri până la găsirea unei soluții (dacă aceasta există). De asemenea, prezintă proprietăți haotice tranzitorii în funcție de dificultatea problemei. Această observație a oferit posibilitatea de a defini o măsură a dificultății, pe care am testat-o pe puzzle-ul Sudoku. Deoarece sistemul dinamic original nu este implementabil direct cu circuite, am proiectat un model de rețea neuronală în timp continuu pentru rezolvarea k -SAT. De asemenea, am testat aceste două sisteme dinamice și eficiența lor în rezolvarea problemelor în prezența zgomotului. În 2018 am extins dinamica originală într-un sistem capabil să rezolve problemele Max-SAT, versiunea NP-hard a lui k -SAT, unde trebuie găsită soluția optimă: cu cel mai mic număr de constrângeri nesatisfăcute. Astfel s-a creat chiar și ocazia de a investiga o problemă faimoasă din teoria grafurilor: numerele Ramsey.

În Capitolul 2 îmi prezint rezultatele în diferite proiecte legate de știința rețelelor. În primul rând, va fi prezentată dezvoltarea unui algoritm eficient de calcul al centralității *betweenness* limitate în funcție de lungimea traseelor luate în considerare în rețelele uriașe. De asemenea, am studiat proprietățile de scalare ale acestor măsuri în funcție de lungimea traseelor luate în considerare. Apoi, în secțiunea următoare, ne uităm la rezultatele interesante obținute în urma analizei rețelei internaționale de comerț agroalimentar. Ca al treilea proiect important, am dezvoltat un algoritm de detectare a comunității bazat pe partiționarea Voronoi. Voi prezenta ideea principală ce stă la baza algoritmului și principalele rezultate. În sfârșit, am studiat recent rețelele de tranziție de stare pentru a descrie sisteme dinamice neliniare. Inspirați de măsura Lyapunov utilizată în teoria haosului, am proiectat o măsură nouă aplicabilă rețelelor de

tranziție de stat, care este utilă pentru caracterizarea sistemelor dinamice sau a semnalelor temporale.

În Capitolul 3 scriu despre rezultatele mele în domeniul neuroștiinței. Știința rețelelor a câștigat recent din ce în ce mai multe aplicații în diferite domenii ale biologiei, acest lucru este valabil și pentru neuroștiință. După o scurtă introducere despre creier voi prezenta rezultatele mele legate de rețelele structurale ale creierului. În această parte este prezentată regula distanței exponențiale și modelul EDR și se discută aplicarea și validitatea acestuia pe conectomul macacului, a șoarecelui și a șobolanului. Subiectul secțiunii următoare este rețelele funcționale ale creierului, unde prezint un proiect ca exemplu: analiza rețelelor funcționale extrase din răspunsurile genei cFos la șobolani și compararea lor în cazul codificării amintirilor legate de diferite recompense: alcool vs zaharină. Alte proiecte legate de rețele funcționale sunt în derulare în prezent.

Partea II, Capitolul 4 prezintă planurile mele de dezvoltare a carierei, concentrându-se mai întâi pe direcțiile de cercetare actuale și noi și pe proiectele în derulare. Apoi voi discuta în scurt perspectivele mele academice, planurile de achiziție de finanțare, colaborările internaționale și planurile de diseminare.