

Rezumat

Seriile de timp reprezentând semnale biologice și imaginile medicale au devenit accesibile pentru cercetare în ultimii 10 ani din cauza unei explozii în ce privește dispozitivele cu care aceste semnale sunt achiziționate (senzori medicali ieftini, dispozitive de tip ceasuri inteligente, monitoare de activitate și telefoane mobile). Accesul ușor la date și, în ultima vreme, tehnicile de tip inteligență artificială au condus la dezvoltarea de algoritmi medicali și aplicații ce pot să fie folosite direct de populație pe telefoanele mobile proprii sau computerele personale. Aceste aplicații medicale mobile au ajuns de curând la maturitate, fiind subiectul unor procese de certificare riguroase și fiind îmbunătățite constant. Un subiect de interes, atunci când se discută despre aplicații mHealth este cel de diagnostic automat, iar un domeniu cu aplicare directă este dermatologia: detecția de cancer de piele folosind dispozitive mobile fiind un subiect extrem de discutat. Un alt subiect de interes îl reprezintă aplicațiile ce țintesc sănătatea mentală. Acestea tratează subiecte ce variază de la detecția stresului până la detecția unor boli psihologice grave. În afară de aceste aplicații mobile, există o serie de platforme de tip eHealth, create cu scopul de a îmbunătăți modul în care serviciile medicale ajung la populație. Acestea au recăpătat recent atenția în timpul crizei stârnite de virusul Covid-19. Ele pot beneficia de folosirea algoritmilor clasici sau de timp învățare profundă în vederea automatizării proceselor medicale repetitive și consumatoare de timp și chiar și pentru diagnostic.

Această teză de abilitare este structurată în 3 părți: Realizări profesionale și academice, Realizări științifice și Probleme deschise și direcții viitoare de cercetare.

Prima parte conține 3 capitole. Capitolul 1 descrie cariera mea academică. Aceasta a fost direct legată de Departamentul de Automatică și Ingineria Sistemelor din cadrul Universității Politehnica București. Sunt prezentate în detaliu activitățile didactice, de cercetare și administrative pe care le-am întreprins în ultimii 13 ani. Proiectele de cercetare conduse sau în care am participat sunt prezentate împreună cu o listă sintetică de publicații și subiectele de cercetare de care am fost interesată după terminarea doctoratului.

Capacitatea de cercetare independentă și management de proiect este argumentată în Capitolul 2 unde sunt descrise colaborările mele internaționale ce s-au dovedit fructuoase de-a lungul timpului. Acestea au fost în directă legătură cu interesele mele principale de cercetare: analiza de semnale biomedicale pentru aplicații de tip mHealth. Majoritatea colaborărilor au (au avut) o natură interdisciplinară deoarece unul dintre interesele mele a fost să validez algoritmi medicali dezvoltați, în studii clinice. Ca director de proiect, am coordonat 2 proiecte: unul cu subiectul corecție de culoare (în contextul achiziției neomogene) cu aplicare în dezvoltarea unei aplicații mobile pentru detecția cancerului de piele, iar al doilea proiect a propus o platformă pentru managementul medical al situațiilor de criză.

Capitolul 3 prezintă interesele mele principale de cercetare în legătură directă cu realizările științifice. După terminarea doctoratului, atenția mea s-a concentrat pe analiza seriilor biologice și imaginilor medicale și pe realizarea și validarea de aplicații de tip eHealth și mHealth. Imediat după terminarea doctoratului, au mai existat 2 subiecte care mi-au captat interesul: modelarea stohastică și reglarea neliniară a ieșirii.

A doua parte a manuscrisului, prezintă în 4 capitole, realizările mele științifice. Capitolul 4 este o sinteză a activității principale de cercetare în ultimii 8 ani: algoritmi pentru o aplicație medicală mobilă de diagnostic al cancerului de piele. Sunt prezentați pașii pe care i-am urmat în dezvoltarea

unui algoritm pentru detecția timpurie a cancerului de piele din imagini achiziționate cu telefoane personale care poate să fie folosită ca instrument de triere în populație. În partea a doua a acestui capitol, sunt prezentate o serie de progrese în ce privește realizarea unui algoritm de detecție a cancerului de piele din imagini achiziționate cu dermoscopul. O astfel de aplicație de tip eHealth este dedicată cadrelor medicale și se poate demonstra utilă în îmbunătățirea diagnosticului pus de medicii primari și, respective, dermatologi la început de carieră.

Capitolul 5 prezintă un sistem suport pentru telemedicină dezvoltat prin implementarea unui protocol integrat de management al situațiilor de urgență și care pune la dispoziție expertiza medicală în regiunile fără acces facil (civili afectați, militari, echipaje de recuperare și explorare, persoanele ce se găsesc în locații cu acces dificil, etc.). Sistemul are o structură modulară ce constă în: un sistem central de management (regional / local), un sistem mobil de monitorizare și salvare ce include un sistem de achiziție și monitorizare individuală pentru victime, și o targă dotată cu sisteme de monitorizare a parametrilor vitali și comunicare cu centrul de comandă, precum și alte facilități software.

Capitolul 6 tratează problema clasificării emoțiilor din semnale de tip electroencefalogramă (EEG). Un clasificator ierarhic bazat pe rețele neurale de tip Long Short Term Memory este propus pentru această sarcină. Clasificarea emoțiilor în stare neutră, pozitivă și negativă atinge o acuratețe de 80%. Performanțele algoritmului pot să fie îmbunătățite prin colecționarea unui volum mai mare de date de calitate mai bună. Algoritm, printre alte utilizări posibile, poate să fie integrat într-o platformă electronică de sănătate ce tratează detecția bolilor psihice.

Capitolul 7 prezintă o metoda de modelare stohastică pentru sisteme dinamice cu rate de intensitate dependente de timp cu aplicații în epidemiologie. O variantă modificată a algoritmului Gillespie este propusă și i se demonstrează eficiența în simularea răspunsului unui model SIR cu rata de răspândire dependentă de timp ce corespunde unei serii de măsuri de prevenție luate după începerea epidemiei. Rezultatele obținute în simulare confirmă că măsurile de prevenție pentru minimizarea răspândirii epidemiei pot să fie modelate ca rate dependente de timp. Efectul asupra desfășurării epidemiei e cel așteptat: scăderea numărului de indivizi infecțioși și scurtarea duratei epidemiei.

Ultima parte a lucrării tratează problemele rămase deschise și direcțiile viitoare de cercetare. În Capitolul 8, discut următorii pași ce urmează să fie făcuți în ce privește aplicația de detecție de cancer de piele: explorarea de strategii care vor conduce la creșterea adopției și demonstrarea extensivă a beneficiilor din punct de vedere al utilității clinice. Prezint, de asemenea, pașii de urmat în ce privește îmbunătățirea platformei de tip eHealth pentru dermatologie, ce va beneficia de un algoritm de detecție de cancer din dermoscopii și de elemente de tip eLearning pentru medicii primari și dermatologii la început de carieră.

În ultimul capitol sunt prezentate planurile mele ce urmăresc dezvoltarea unei platforme colaborative de tip eHealth bazată pe utilizarea de algoritmi de tip inteligența artificială. Scopul platformei e acela de a agrega toate datele despre un pacient, a facilita colaborarea unei echipe interdisciplinare pe un caz, a facilita punerea de diagnostice și interacțiunile virtuale doctor-pacient, a oferi unelte necesare pentru optimizarea fluxurilor de lucru, a încuraja formarea de comunități virtuale și eLearning – toate sub aceeași umbrelă. Un al doilea punct de interes este realizarea unei aplicații mobile pentru detecția stresului folosind semnalul de tip ritm cardiac achiziționat cu ceasuri inteligente. Calculând variabilitatea ritmului cardiac pe baza semnalului de tip ritm cardiac colectat, se poate detecta gradul de stres la care e supusă o persoană. Folosind semnale haptice se poate realiza o procedură de controlare a gradului de stres.