

# Contribuții în tehnologie asistivă



**Robert Gabriel Lupu**

Departmentul de Calculatoare  
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași

Rezumat

*Teză de abilitare*

Facultatea de Automatică și  
Calculatoare

May 2023

## Abstract

Această teză de abilitare prezintă realizările mele științifice și academice obținute în cadrul Departamentului de Calculatoare, Facultatea de Automatică și Calculatoare, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, după obținerea titlului de doctor în cadrul aceleiași universități (2012).

Activitatea științifică a fost desfășurată în domeniul tehnologiei asistive, pe trei direcții principale, prezentate în capitolele 2, 3 și 4 ale tezei: recuperare neuromotorie, comunicare cu pacienții cu dizabilități neuromotorii și evaluarea substituției senzoriale pentru persoanele cu deficiențe de vedere.

### **Importanța domeniului de cercetare**

Tehnologia de asistență sau tehnologia asistivă (AT) este un termen generic pentru tot ce înseamnă sisteme și servicii de asistență. Conform World Health Organization (WHO), tehnologia de asistență oferă posibilitatea oamenilor să aibă o viață independentă, demnă și productivă, să se implice în viața civică, să participe la educație. În egală măsură influențează pozitiv starea lor de bine și a familiilor din care fac parte. Astfel oamenii nu mai sunt excluși sau izolați de societate, nu mai sunt blocați în sărăcie, iar impactul pe care îl au este diminuat. Un alt aspect important este dat de faptul că tehnologia asistivă reduce costurile serviciilor de asigurare de sănătate, eliminând necesitatea îngrijirii pe termen lung. Având în vedere și tendința de îmbătrânire a populației globale, se estimează că până în 2050 mai mult de 3.5 miliarde de oameni vor avea nevoie de un produs sau serviciu de asistență.

Agenda 2030 a WHO pentru Dezvoltare Durabilă pune sănătatea și bunăstarea pe primul loc în noua viziune de dezvoltare. Se are în vedere acoperirea universală a sănătății astfel încât oricine și oriunde să beneficieze de servicii de sănătate sau produse de asistență de calitate. Acest lucru va fi posibil dacă:

- furnizorii de sănătate adoptă noi modele de afaceri care să reducă costurile și în același timp se adresează unui segment cât mai mare de utilizatori;
- populația se implică în solicitarea și adoptarea de astfel de noi servicii de sănătate și asistență;

- vor exista standarde de interoperabilitate care să impulsioneze dezvoltarea tehnologiilor IoT, purtabile și senzorică.

Toate acestea vor contribui la sustenabilitatea sistemelor de sănătate și de îngrijire și vor îmbunătăți calitatea vieții consumatorilor de astfel de servicii și produse de sănătate.

### **Recuperare neuromotorie**

Cercetările efectuate pentru recuperare neuromotorie s-au bazat pe ideea originală propusă în cadrul proiectului PNII 1/2014 TRAVEE, proiect în care autorul a fost director responsabil, și anume - recuperarea prin feedback augmentat - ce a oferit posibilitatea de a depăși situații de blocaj tipice primelor faze ale recuperării. Feedback-ul augmentat constă în reproducerea pe avatarul pacientului imersat într-un mediu de realitate virtuală a mișcării membrului pacientului dar cu o amplitudine amplificată/mărită, față de cea reală executată de pacient, astfel încât să fie percepute vizual de către pacient, iar cortexul lui să le poate procesa ca un rezultat constant și semnificativ. Soluția propusă a fost cea de abordare unitară a lanțului causal al recuperării ce constă în efectuarea sau încercarea de efectuare a unui act motor de către pacient; observarea de către acesta a senzațiilor și rezultatelor și asocierea de către cortex a mișcării cu observațiile, învățarea și perfecționarea actului motor. Recuperarea s-a bazat pe proprietatea creierului de a se reorganiza numită și neuroplasticitate. Astfel, regiunile din cortex învecinate celei afectate, se pot adapta treptat, pot reînvăța funcțiile îndeplinite anterior și pierdute în urma accidentului vascular cerebral. Construind modelul pacientului cu AVC și introducând acest model în sistemul recuperare proiectat, neuroplasticitatea poate fi privită ca o bucla causală cu 3 factori esențiali: actul motor este executat sau există intenția de a efectua actul motor; pacientul observă mișcarea sau intenția de mișcare; creierul asociază mișcările/rezultatele cu observațiile despre ele și, treptat, învață și perfecționează actul neuromotor. În primul stadiu al recuperării, accentul s-a pus pe redobândirea controlului muscular, recuperarea constând în exerciții simple adecvate stadiului și evoluției pacientului. În al doilea stadiu al recuperării s-a urmărit îmbunătățirea mobilității și a controlului muscular fin, prin exerciții motivante de interacțiune/manipulare a elementelor din mediul virtual. Contribuțiile aduse au fost: folosirea unui feedback augmentat și magnificat și exercițiile, îndrumarea sunt prezentate pacientului de un terapeut virtual. Pe lângă articolele științifice publicate menționez și nominalizarea proiectului de cercetare pentru BCI Award 2018 și invitația primită din partea Stanford University (organizator al evenimentului menționat) de a prezenta rezultatele proiectului în cadrul ceremoniei de premiere organizate în Asilomar, California, în mai 2018.

### **Comunicare cu pacienții cu dizabilități neuromotorii**

Evoluția tehnologiei din ultimii ani a permis o creștere a calității îngrijirii persoanelor cu dizabilități, menținând costurile în limite suportabile pentru societate. Astfel soluțiile oferite de tehnologia informației și comunicației pentru un trai asistat permit automatizarea inteligentă a mediului ambiental (domiciliu sau case de îngrijire) prin intermediul domoticii, monitorizarea parametrilor vitali și monitorizarea activității fizice. Aceste soluții sunt foarte importante în contextul unei societăți europene aflate într-un proces accelerat de îmbătrânire. În ceea ce privește persoanele cu dizabilități, pe lângă cerințele de supraveghere nonstop și monitorizare a parametrilor vitali un aspect foarte important este asistența în efectuarea diverselor acțiuni. Tehnologia de asistență promovează o mai mare independență pentru persoanele cu dizabilități, permițându-le să îndeplinească sarcini pe care anterior nu le puteau îndeplini. Socializarea, posibilitatea de comunicare și conectare cu alte persoane, chiar și la un nivel de bază are un impact semnificativ asupra calității vieții și a stimei de sine. Astfel cercetările efectuate în direcția comunicării cu pacienți cu dizabilități neuromotorii au vizat un sistem asistiv de comunicare bazat pe interacțiune om-calculator (IOC) și liste de cuvinte cheie personalizate. Am propus un sistem de mesagerie supervizată ce include 3 subsisteme: pacient, server și îngrijitor. Subsistemul pacient a constat într-un laptop și utilizează dispozitive IOC “off the shelf” dedicate și algoritmi de eye tracking pentru determinarea intenției/acțiunii pacientului funcție de dizabilitățile pe care le are. Subsistemul îngrijitor constă într-un smartphone pe care rulează o aplicație de mesagerie dedicată și monitorizare parametri vitali ai pacientului. Subsistemul server gestionează mesajele/cerințele pacienților dar și răspunsurile îngrijitorilor realizând totuși o încărcare echilibrată cu sarcini pentru îngrijitori. Sistemul astfel dezvoltat trebuie văzut ca un asistent digital sau digital twin a asistentului medical sau îngrijitorului ce asistă pacientul în nevoia sa de comunicare. Principalii beneficiari ai sistemului sunt pacienți cu dizabilități motorii severe datorate accidentelor sau bolilor cronice avansate, pacienți capabili să audă, să vadă, să înțeleagă să raționeze dar care nu au posibilitatea de a comunica folosind metode convenționale. În mod obișnuit acești pacienți sunt capabili doar de mișcări limitate, simple contracții musculare fără un control fin care să le permită interacțiunea în mod convențional cu un sistem de comunicare. Activitatea de cercetare s-a desfășurat în cadrul a două granturi de cercetare de tip PN2 în care autorul a făcut parte din echipa de cercetare.

### **Evaluarea substituției senzoriale pentru persoane cu deficiențe de vedere**

În capitolul 4 al tezei de abilitare este prezentat un studiu privind activitatea corticală a utilizatorilor de tehnologie asistivă. Acest experiment s-a derulat în cadrul proiectului Sound of Vision și a urmărit evaluarea sarcinii cognitive și a nivelului de activare a cortexului cere-

bral în timpul unui experiment în care subiecți cu deficiențe de vedere au efectuat două tipuri de sarcini în timp ce foloseau bastonul alb și dispozitivul de substituție senzorială Sound of Vision. Rezultatele au arătat că stimulii haptici au fost mai puțin intuitivi decât cei audio și că navigarea cu dispozitivul Sound of Vision a crescut încărcarea cognitivă și memoria de lucru. Asimetria cortexului vizual a fost mai mică în cazul stimulării multimodale decât în cazul stimulării separate (audio sau haptic). Nu a existat nicio corelație între activitatea corticală vizuală și numărul de coliziuni în timpul navigației, indiferent de tipul de navigație sau de stimularea senzorială. Cortexul vizual a fost activat la utilizarea dispozitivului, dar numai pentru utilizatorii nevăzători. Pentru toți subiecții, deplasarea cu dispozitivul Sound of Vision a indus o valență negativă scăzută, în contrast cu navigația cu baston alb. Cateva REFERINTE.

### **Activitate științifică**

Contribuții aduse în cadrul activităților proprii de cercetare în domeniile tehnologiei de asistență și monitorizarea pacientului sunt:

- proiectarea și dezvoltarea unui sistem de comunicare cu pacienții cu dizabilitati neuromotorii bazat pe eye tracking
- comunicare cu pacienții cu dizabilități neuromotorii bazată pe cuvinte cheie (cuvinte, pictograma, culoare, audio)
- proiectarea și dezvoltarea de algoritmi de eye tracking pentru interacțiune pacient - calculator
- sistem de recuperare post avc bazat pe realitate virtuală, dispozitive de stimulare (FES, haptic), dispozitive de monitorizare (BCI, EMG, eye tracking, senzori de mișcare) și unitate de procesare și control
- utilizarea feedback-ului augmentat și magnificat
- exercițiile și îndrumarea sunt prezentate pacientului de un terapeut virtual

Ca rezultat al activității de cercetare, în perioada 2012-2023, am publicat un număr de 58 articole științifice din care 4 în reviste cotate ISI Q1 sau Q2, 42 în eviste cotate ISI și în volumele unor manifestări științifice indexate ISI și 12 articole indexate BDI.

După obținerea titlului de doctor, am fost director responsabil a trei proiecte de cercetare (TRAVEE-1/2014 PNCDI-2, PREVENT 24PTE/2020 PN-III-P2-2.1-PTE-2019-0769 si TRAVEE-83PTE PN-III-P2-2.1-PTE-2021-0634) și am fost membru în alte 10 proiecte de

cercetare. Toate aceste proiecte de cercetare au contribui decisiv la formarea mea academică: implicarea științifică, colaborarea cu colective de cercetare similare din țară și din străinătate, dezvoltarea abilităților de comunicare și publicare și nu în ultimul rând capacitatea de a propune proiecte pe noi direcții de cercetare cu șanse reale de a primi finanțare.

Consider că merită amintit faptul că sunt director al unui contract cu un agent economic (Kober - DEPRIZ 13521/2019) fapt care mi-a permis să implementez rezultatele cercetărilor derulate din perspectiva companiilor să înțeleg modul în care se pot dezvolta colaborări viitoare cu mediul economic și cu agențiile abilitate în acest sens.

După anul 2012, activitatea mea didactică a cuprins susținerea de cursuri și laboratoare la diferite discipline: Programare orientată obiect, Achiziția și prelucrarea datelor, Programare, Bazele informaticii. Am fost implicat în introducerea de noi cursuri de nivel licență și masterat: Interacțiune Om-Calculator - IOC și Proiectarea Sistemelor de Interacțiune Om-Calculator - PSIOC. Capitolul 1 al tezei prezintă succint evoluția mea profesională.

Ultimul capitol al tezei este dedicat planului de evoluție și dezvoltare a carierei mele academice. Am identificat o serie de direcții de cercetare, provocări și posibile soluții atât în ceea ce privește dezvoltarea tehnologiilor asistive dar și sinergia cu progresele remarcabile din domeniul inteligenței artificiale, a sistemelor de comunicație sau a sistemelor de vedere artificială.