

HABILITATION THESIS

CONTRIBUTION IN INTELLIGENT HYBRIDE SYSTEM, USSING WEARABLE SENSOR NETWORK AND MODERNE TOOLS FOR BIOMEDICAL SIGNALS PROCESSING

Summary

Associate Professor PhD. Oana GEMAN

**Faculty of Physical Education and Sport
Health and Human Development Department
2017**

Executive Summary

I am a Medical Bioengineer and Researcher in Artificial Intelligence domain. My quest is to understand the relationship between Parkinson's disease (PD), first symptoms and how control Parkinson.

Current diagnosis in Parkinson's disease remains a clinical, subjective, and there are more than 25% of cases undiagnosed. There is no screening test (or a biomarker) for early diagnosis of Parkinson's disease.

Specifically, my research has focused on understanding the mechanisms underlying triggering Parkinson's disease and tremor signal analysis (symptom of disease) using nonlinear dynamics algorithms. I have developed independent but highly collaborative research programs in the following areas:

- 1) Improving the existing methodologies for the analysis of a tremor symptom.
- 2) Discovering new methodologies related to symptoms of Parkinsonian tremor.
- 3) Finding new solutions concerning the relevance of specific parameters of nonlinear dynamic analysis of time series signals arising from physiological and Parkinsonian tremor. They show significant relevance, when using DBS method.
- 4) Comparing the results from linear analysis, nonlinear analysis and demonstrated the relevance of nonlinear analysis, case by case.
- 5) Finding data, knowledge, metaknowledge on the physiological or pathological symptoms.
- 6) Deduction of new rules, including knowledge of specific parameters of the nonlinear dynamics signal diagnostic purposes in the normal and Parkinsonian tremor.
- 7) Implementing knowledge-based systems for differential diagnosis of the tremor symptoms.
- 8) Implementing knowledge-based systems for predicting outcome neuromuscular electrical stimulation of the brain.
- 9) Estimating the vector of features for classification of Parkinsonian tremor signal.
- 10) Analyzing other parameters related to Parkinson's disease.
- 11) Improving and establishing protocols for assessing patients with Parkinsonian tremor with / without DBS, with / without medication incorporating both measurement data and relevant physiological knowledge.

Assumptions and concepts proposed in some previous research met several requirements by clinical committees' and approved by the specialists in the country and worldwide. Traditionally, the research conducted in the fields of neurology, is analyzed and assessed by a committees of specialists who also verify and validate the results achieved using the CNCSIS (National Council of Scientific Research in Higher Education) national grant scheme. This was performed for my recent funded project namely "*Use parameters and methods in nonlinear systems based knowledge, medical applications*", using this grant (No. 33557, CNCSIS code 76, issue 46, from 2001 to 2003), awarded by the Ministry of Education, and also postdoctoral research project "Progress and development through innovation and postdoctoral research in engineering and applied sciences - Pride - Contract no. POSDRU/89/1.5/S/57083 ". This postdoctoral project has been co-funded by the European Social Fund, through the Sectorial Operational Program Human Resources 2007-2013.

In terms of the processing time series coming from different tremor signals (normal, specifically Parkinson's Disease, alcoholic, etc.), I have collected a large database of qualitative information which provides a good foundation for qualitative analysis and differential diagnosis between different types of tremor signals.

In my previous research I provided the necessary data and knowledge-based criteria that can be used for processing new measurements and establishing new rules for implementation of quantitative medical diagnosis. These criteria will be included and used as the basis for our further progress in monitoring Parkinson's disease. These criteria include, but not limited to, the level of chaos within the

system for healthy and diseased subjects and other clinical symptoms of Parkinson's extracted from tremor signals.

Current research in this area ignores the link between the parameters of the knowledge-based system and the nonlinear dynamics of the measurements. This concept however, has been exploited in my recent research during my PhD and postPhD work and after that. The outcome of this research is a solid indication for supporting this proposal. The significance of this project was also on evaluating a large dataset which can be very valuable in future progress and development of new projects in this area.

Nonlinear and dynamical information derived from time series analysis methods such as by estimating Lyapunov exponents, correlation dimension, and approximate entropy, were embedded within the knowledge-based systems. Clinical decisions are therefore made by utilizing these criteria.

In our existing database we own a large dataset together with the corresponding knowledge-based clinical information and the estimates of time series parameters (such as chaos parameters). This database is valuable for assessing the performance of our proposed system.

In the theoretical and applied approaches of previous studies the emphasis has been on the following points:

- 1) Developing methodologies to represent nonlinear dynamic parametric data on the movement of human body parts. **Justification:** there is now a rigorous methodology of representing the parameters of nonlinear dynamics in general and especially in medical applications.
- 2) Determination of the relevance of these parameters in relation to the quantities generated in the linear analysis. **Justification:** nonlinear parameters can provide essential information in the differential diagnosis, compared with classical linear parameters, or may be irrelevant. It is therefore, necessary to determine the relevance to a case by case basis.
- 3) Establishing a medical diagnosis system based on knowledge, including knowledge and data on nonlinear dynamics in biological signals. **Justification:** role of validation in a concrete case of application (tremor signal).
- 4) Experiencing some elements of knowledge discovery based on automatic classification and retrieval of rules to detect diagnostic rules that include nonlinear dynamics parameters (using inductive learning based on decision trees). Application: differential diagnosis, recovery (rehabilitation).
- 5) Clustering or classification.
- 6) Implementing two-class (such as support vector machines - SVM) or multi-class (such as neural network – NN) for classification of Parkinsonian tremor.
- 7) Setting suitable fuzzy inference rules to map verbal to numerical decision making and clustering.
- 8) Structuring the overall knowledge-based system.
- 13) Testing and validating the proposed system by expert neurologist (there are collaboration agreements signed for this purpose, with Neurology Hospital of Iasi and Neurology Clinic of Suceava).

Previous research done by me and the results are a first step in developing a Hybrid intelligent integrated system for screening and early diagnosis of Parkinson's disease.

This habilitation thesis is structured in 5 chapters and presents some research results and directions to be followed by the candidate as follows:

Chapter 1. This chapter presents the motivational framework of the habilitation thesis, including the research directions approached or to be addressed by the candidate.

Chapter 2. In this chapter there are presented results regarding the acquisition of biomedical signals with intelligent sensors and biosignal processing by modern methods, with results obtained in postdoctoral research.

Chapter 3. and **Chapter 4.** show significant results in the field of Intelligent Systems with medical applications and results regarding their

IoT application (Internet of Things) and / or aspects related to the acquisition and / or processing of biomedical data.

In **Chapter 5.**, the candidate presents results related to the use of Artificial Neural Networks (ANN), Data Mining and Deep Learning as useful tools in classifying large medical data bases (with applications in human microbiome field).

Therefore, the main objective of this habilitation thesis is to design and develop an integrated intelligent system for Parkinson disease screening (early diagnostic). A second objective is to design the system so that after the analysis of each patient's symptoms, it can suggest treatment options and methods that can be used for patient rehabilitation.

These two objectives include the following secondary objectives:

- **Establishing suitable and effective protocols for acquisition of the signals to exploit the dynamics of hand movement plus tremor for Parkinson's monitoring.**
- **Setting up the data acquisition system for recording tremor, pressure, movement trajectory, and scalp EEG.**
- **Fusing and integrating tremor, movement dynamics, finger pressure, and brain connectivity using advanced signal processing algorithms (such as space-time adaptive filters, quaternions) plus constrained optimization of the cost functions.**
- **Developing regression approaches to dynamically classify the results.**
- **Designing an automatic monitoring system accessible to clinics.**

In summary, the importance of my research stems from the following perspectives:

1. Establishing a new paradigm for detection, recognition, and monitoring of Parkinson's.
2. Developing, for the first time, a new modality in data collection for Parkinson's.
3. Designing new tools and algorithms for exploiting multi dimensional and multimodality information.
4. Extending newly introduced time-space adaptive filters to estimation and assessment of brain connectivity.
5. Fusion of multimodal information algorithmically.
6. Solving the inherent optimization problem by creating suitable convex or global optimization approaches.
7. Incorporating physiological constraints, often in the form of knowledge-based data, into the constrained optimization problem.
8. Integrating the proposed system into the current machines used by physicians in clinics.
9. Validation of the results by comparing them with those suggested by clinical experts.
10. Establishing international collaboration between clinicians and pioneers in neuroimaging, psychologists, and engineering, particularly between Romania and the United Kingdom.

From my perspective, it is important to enable measurement and fusion of various modality information, highly affected by development of Parkinson's, algorithmically in order to efficiently recognise and identify the early stages of the disease. There is hope that our new findings will lead to a more effective treatment and rehabilitation of Parkinson's. To meet this objective the following five tasks will be undertaken by our research teams in Romania:

Task 1: Setting up an effective data acquisition protocol,

Task 2: Estimating dynamic gait parameters,

Task 3: Organizing a physiological knowledge-based system,

Task 4: Estimating the brain connectivity during a prolonged movement,

Task 5: Fusion of gait, physiological information and brain connectivity followed by solving the corresponding optimization problem,

Task 6: Introducing and implementing a suitable decision making strategy for Parkinson's detection, recognition, treatment and monitoring.

My reasearch field is interdisciplinary (includes areas such as Hardware and Software Applications, Medicine, Math, Machine Learning, and Electrical and Electronical engineering). This is a first proposal on the creation and validation of a hybrid integrated intelligent system for neurological disorders and Parkinon disease screening. The system will be designed and developed in order to be used by the physician for monitoring Parkinson's disease and rehabilitation of the patients.

REZUMAT

Sunt bioinginer medical, doctor în domeniul Electronică și Telecomunicații din anul 2006 și cercetător postdoctoral în domeniul Știința Calculatoarelor, din 2013. Principala mea preocupare științifică este să contribuie la înțelegerea rolului și în predicția variabilelor specifice circuitelor neuronale implicate în apariția tulburărilor neurologice. În cercetările realizate până în prezent, am utilizat măsurători non-invazive ale semnalelor biomedicale și am procesat informațiile folosind instrumente specifice Inteligenței Artificiale, cum ar fi: dinamica neliniară (teoria "haosului"), metode neuro-fuzzy pentru analiza biosemnalelor, metode de clasificare și predicție, și instrumente de Data Mining (DM) – relevarea datelor, Knowledge-Discovery (KD) – descoperire de cunoștințe/metacunoștințe și Sisteme Expert cu aplicații în medicină.

Cercetarea mea s-a concentrat pe înțelegerea mecanismelor care stau la baza declanșării bolii Parkinson și pe dezvoltarea unor instrumente neinvazive pentru analiza semnalului de tremur, în scopul detectării precoce a simptomelor bolii (test screening), folosind algoritmi de dinamică neliniară.

Prezenta teză de abilitare este structurată pe 5 capitole și prezintă câteva rezultate și direcții de cercetare care vor fi urmate de candidată, după cum urmează:

Capitolul 1. În acest capitol este prezentat cadrul motivational al tezei de abilitare, inclusiv cu direcțiile de cercetare abordate sau care vor fi abordate de candidate.

Capitolul 2. În acest capitol sunt prezentate rezultate cu privire la achiziția de semnale biomedicale cu ajutorul senzorilor inteligenți și procesarea biosemnalelor prin metode moderne, cu rezultate obținute în cadrul cercetărilor postdoctorale.

În **Capitolul 3.** și **Capitolul 4.** sunt prezentate rezultate semnificative din domeniul Sistemelor Inteligente cu aplicații în medicină și rezultate privind aplicarea IoT (Internet of Things) și/sau aspecte legate de achiziția de date biomedicale și/sau procesarea lor.

În **Capitolul 5.** candidata prezintă rezultate legate de utilizarea Rețelelor Neuronale Artificiale (ANN), Data Mining și Deep Learning ca și instrumente utile în clasificarea bazelor medicale mari de date (cu aplicații în domeniul microbiomului uman).

Am dezvoltat programe de cercetare independente (în cadrul cercetărilor doctorale sau postdoctorale) sau în colaborare (proiecte de cercetare) în următoarele domenii: îmbunătățirea metodologiilor existente pentru analiza simptomului de tremur (i), utilizarea unor noi metodologii legate de simptomul de tremur parkinsonian (ii), demonstrarea relevanței parametrilor specifici dinamicii neliniare în analiza seriilor de timp ce provin de la semnale de tremur fiziologic și/sau neurologic (parkinsonian) (iii), descoperirea de noi soluții în ceea ce privește relevanța parametrilor specifici de dinamică neliniară a seriilor de timp ale semnalelor de tremur fiziologic și parkinsonian, cu relevanță semnificativă, atunci când se utilizează metoda Deep Brain Stimulation (DBS) – stimularea electrică a creierului (iv), găsirea unor noi date, cunoștințe, metacunoștințe cu privire la simptomul de tremur fiziologic sau patologic (v), deducerea unor reguli care să includă cunoștințe cu privire la parametrii specifici dinamicii neliniare a semnalelor, în scop de diagnostic precoce al bolii Parkinson (vi), implementarea, testarea, validarea sistemelor bazate pe cunoștințe și al sistemelor expert cu logica fuzzy, pentru diagnosticul diferențial al simptomului de tremur (vii), implementarea, testarea, validarea sistemelor bazate pe cunoștințe pentru a predicția rezultatului stimulării electrice a creierului, în timp (viii), găsirea vectorului de trăsături pentru clasificarea semnalului de tremur parkinsonian (ix), achiziția altor biosemnale utilizând senzori Wii™ sau Kinect™ și analiza unor parametri (mers, vorbire, scris de mână) specifici bolii Parkinson (x).

Ipotezele și concepțiile propuse în unele cercetări anterioare de către subsemnata au îndeplinit cerințele impuse de comisii medicale și au fost aprobate și validate de către specialiști din domeniul neurologiei, din țară și din străinătate. În mod particular, cercetările realizate în domeniul bolilor neurodegenerative, au fost evaluate de către o comisie de specialiști CNCSIS (Consiliul National al Cercetării Științifice din Învățământul Superior) în cadrul proiectului finanțat, cu titlul "Utilizarea parametrilor și metodelor neliniare în sistemele bazate pe cunoștințe, cu aplicații medicale", finanțat CNCSIS nr. 33557/2003, cod 76, tema 46, 2001-2003, (director de grant) sau în cadrul proiectului de

cercetare postdoctorală "Progres și dezvoltare prin inovare și cercetare postdoctorale în inginerie și științe aplicate - Pride " Contract nr. POSDRU/89/1.5/S 57083", (responsabil temă de cercetare).

În ceea ce privește prelucrarea seriilor de timp ce aparțin diferitelor tipuri de semnal de tremur (normal, caracteristic bolii Parkinson, alcoolic, cerebelos, etc.) am realizat o vastă bază de date, cu informații cantitative și calitative, care oferă o bază relevantă pentru analiza și diagnosticul diferențial sau cantitativ între diferite tipuri de semnal de tremur.

În concluzie, în abordările teoretice și aplicative ale cercetărilor anterioare accentul a fost pus pe următoarele aspecte (parte din ele urmând a fi aprofundate/extinse): dezvoltarea de metodologii pentru a reprezenta date privind mișcarea anumitor părți ale corpului uman (i), analiza datelor prin metode de dinamică liniară, statistică și de dinamică neliniară și stabilirea relevanței de la caz la caz (ii), elaborarea unor metodologii de reprezentare parametrică a datelor de dinamică neliniară referitoare la semnalele specifice bolii Parkinson sau altor afecțiuni neurodegenerative (ca de exemplu, forța de apăsare în picior, tremur (iii)), stabilirea unui sistem de diagnostic medical bazat pe cunoștințe sau metacunoștințe rafinate cu ajutorul algoritmilor de clasificare (iv), utilizarea algoritmilor de clusterizare și/sau a celor de clasificare (v), folosirea unei rețele de tip PCA – analiza componentelor principale, pentru o înțelegere mai clară a setului de trăsături găsite, adică a complexității, a separării claselor, a dispunerii claselor de tremur, dar și a altor parametri analizați pentru bolile neuronale și în mod particular, pentru boala Parkinson (vi), implementarea unui clasificator pentru semnalul de tremur parkinsonian cu ajutorul unei rețele SVM-Suport Vector Mașină sau cu o rețea neuronală de tip MLP – Perceptron multistrat (vii), implementarea, testarea și validarea unui sistem bazat pe cunoștințe pentru diagnosticul bolii Parkinson, ținând cont de anamneză, dar și de scalele de investigații existente deja, scale care se folosesc în prezent pentru diagnosticul bolii Parkinson sau a altor boli degenerative ale creierului (viii), dezvoltarea unui sistem aplicativ, bazat pe cunoștințe, care să înglobeze elemente de logică fuzzy (ix), achiziția de semnale biomedicale utilizând senzori "inteligenti" (x), testarea și demonstrarea avantajelor utilizării datelor de dinamică neliniară în aplicații biomedicale pentru identificarea precoce a diferitelor afecțiuni neurologice (xi).

Am reușit să dezvolt în premieră, un Sistem Inteligent utilizat pentru depistarea, monitorizarea și reabilitarea pacienților cu afecțiuni neurodegenerative, sistem ce utilizează o rețea unică de senzori autonomi pentru achiziția în timp real a semnalelor de tremur și posturale (conceptul : "haine și încălțăminte inteligente"). Sistemul propus va fi testat pe pacienți diagnosticați cu boala Parkinson, dar principiul poate fi extins și la alte boli degenerative ale creierului.

Bolile degenerative ale creierului reprezintă mai mult de 38 de procente din bolile prezente la populația Europei, însemnând 160 de milioane de europeni diagnosticați în fiecare an, conform unui raport prezentat de World Health Organization în anul 2014. **Boala Parkinson (PD)** este cea mai comună afecțiune neurodegenerativă, caracterizată prin pierderea ireversibilă a dopaminei cu distrugerea progresivă a sistemului nervos, care afectează mișcarea corpului, memoria, vorbitul și activitățile mintale și fizice de zi cu zi . Costurile medicale directe (medicamente, îngrijire prin spitalizare, îngrijire în ambulatoriu, proceduri de diagnostic, reabilitare și tratament auxiliar, cum ar fi terapia prin vorbire sau fizioterapie) și costurile medicale indirecte (echipamente speciale, servicii sociale/de ajutor la domiciliu și transport) sunt foarte scumpe. În majoritatea cazurilor, simptomele încep să apară după vârsta de 50 de ani. Totuși, în circa 5% - 6% din cazuri, pacientul are mai puțin de 35-40 de ani.

Stabilirea unui diagnostic cât mai precis, încă din fazele incipiente ale bolii este destul de dificil de făcut. **În prezent, nu există nici un test de depistare precoce (screening), pentru boala Parkinson, din stadii incipiente.** Tremurul este cel mai evident simptom atunci când persoana afectată este activă, sau pacientul prezintă o postură particulară. Tremurul cerebelos, poate fi însoțit de alte manifestări ale ataxiei, incluzând disartria (probleme în vorbire), nistagmus (mișcarea rapidă și involuntară a ochilor), probleme de echilibru și tremur postural al trunchiului și gâtului. "Titubația" este caracterizată prin tremurul capului și este de origine cerebeloasă. În ultimii ani, cercetători în domeniul neurologiei și ingineriei au propus metode de analiză a semnalului de tremur prezent la pacienții cu Parkinson sau a altor simptome prezente în bolile neurologice.

Există câteva reguli pentru a corela diagnosticul bolii Parkinson cu caracteristicile dinamice neliniare ale biosemnalelor analizate, propuse și de subsemnata și implementate în cadrul cercetărilor doctorale și postdoctorale. Am făcut numeroase procesări și analize pentru semnalul de tremur parkinsonian, prin intermediul metodelor liniare, neliniare și statistice, pentru a obține cunoștințe noi și metacunoștințe cu scopul de a face diferențierea între semnalele normale și cele patologice, sau pentru semnale vocale. În studii recente efectuate de cercetătorul principal (PI) al acestei propuneri, informațiile fiziologice și valori ale parametrilor neliniari ai seriilor de timp, provenite de la simptomul de tremur și postural au fost înglobate într-un sistem automat de diagnostic pentru monitorizarea bolii. Aceste cercetări incipiente au fost primite cu succes și validate de comunitatea științifică în care activez de mai bine de 14 ani. Prin dezvoltarea obiectivelor propuse în cadrul acestei propuneri de proiect se va putea beneficia și de impact tehnologic (costuri reduse, rețea de senzori autonomi), dar și de impact socio-economic (costuri scăzute cu terapia, recuperarea și integrarea în societate a pacienților cu boli neurodegenerative).

Stabilirea unui diagnostic precis în stadii timpurii ale bolii este dificil de realizat. Păstrarea pacienților sub observație pentru o anumită perioadă de timp, cu scopul de a evalua severitatea simptomelor, ajută la diagnosticul diferențial între boala Parkinson și alte boli neurodegenerative. Boala Parkinson este diagnosticată după examinarea pacienților pe baza unor criterii subiective (scale, scoring) sau pe baza metodelor imagistice costisitoare, tinând și de experiența clinică a neurologului. Numărul de bolnavi de Parkinson în anumite zone din România, cum ar fi Județul Suceava, este de aproximativ 3 ori peste media mondială, iar aceste date îngrijorătoare conduc această cercetare.

Un domeniu major al bioinformaticii presupune analiza și prelucrarea bazelor de date de mari dimensiuni, cu scopul de a extrage noi informații utile în domeniul medical, unde stabilirea unui diagnostic este o procedură laborioasă și foarte importantă. Orice succes în descoperirea de cunoștințe depinde de capacitatea de a analiza diferite clase de date specifice și de aplicare a metodelor adecvate pentru extragerea principalelor caracteristici. În acest context, analiza neliniară a datelor ridică probleme în utilizarea de metodologii specifice, de aici rezultând necesitatea de a găsi noi metodologii de lucru. Nu există suficiente date în literatura de specialitate, care să descrie metodologia de obținere a metacunoștințelor specifice pentru procesele dinamice neliniare, cum ar fi semnale biomedicale (semnal de tremur, postural, electromiografic (EMG), electroencefalografic (EEG) etc.), cu câteva excepții. În prezent, nu există dovezi suficiente în literatura de specialitate, cu privire la aplicarea analizei prin metode de dinamică neliniară a seriilor de timp, pentru evaluarea simptomului de tremur (EMG și rețea de senzori autonomi), pe de o parte și pentru evaluarea schimbărilor în ritmurile cerebrale (EEG), în conexiune cu deprecierea mișcărilor corpului, pe de altă parte. Aceste informații vitale pot fi combinate cu sistemul de metacunoștințe, conceput pentru analiza clinică în timp real, pentru obținerea de informații despre tremur și traiectoria prescrisă de mișcarea a mâinii (sau piciorului), pentru screeningul bolii Parkinson. Din punct de vedere clinic, analiza mersului dezvăluie informații clinice limitate, fiind utilizată când nici o altă modalitate de diagnostic al bolii Parkinson nu este luată în considerare, sau pacientul este sub medicație. În schimb, tehnologia senzorilor portabili dinamici, care devine din ce în ce mai acceptată, oferă o platformă cuprinzătoare pentru înregistrarea multi-modală a datelor biomedicale. Astfel de rețele de senzori necesită nu numai un sistem de comunicare sigur și de putere scăzută, dar, de asemenea, necesită cooperare eficientă între diferitele modele de senzori, utilizați pentru achiziția datelor.

Obiectivul principal al cercetărilor mele și prezentat detaliat în cele 5 capitole ale tezei de abilitare este de a proiecta, dezvolta, testa și valida un sistem inteligent pentru detectia bolii Parkinson în stadiul incipient, urmat de un **obiectiv secundar** - o strategie automată decizională care va duce la alegerea protocolului terapeutic, de management al pacientului (corelat cu cardul de sănătate, rețeta electronică, IoT – Internet of Things –internetul lucrurilor aplicat în domeniul sănătate) și de recuperare a pacientului. Pe parcursul acestui proiect, instrumente avansate de procesare a semnalului și algoritmi de învățare vor fi dezvoltați pentru a analiza tremurul și informații referitoare la mers, corelate cu semnalul EEG, utilizând o rețea de senzori inteligenți autonomi.

Aceste două obiective includ următoarele obiective secundare: stabilirea de protocoale adecvate și eficiente de achiziție a semnalelor pentru analiza dinamicii mișcării mâinii sau piciorului și de monitorizare a tremurului specific bolii Parkinson (i), crearea sistemului de achiziție de date pentru

înregistrarea tremurului (prin EMG și rețeaua de senzori autonomi), presiunii, traiectoria mișcării 3D și EEG (ii), analiza tremurului, a dinamicii mișcării, a presiunii degetelor mâinii care țin un obiect și conectivitate creierului, folosind algoritmi avansați de procesare a semnalului (cum ar fi filtrele adaptive spațiu-timp), plus optimizarea constrânsă a funcțiilor de cost (iii), dezvoltarea abordării regresive pentru a clasifica dinamic rezultatele (iv), proiectarea unui sistem inteligent automat de monitorizare a pacienților cu afecțiuni neurodegenerative, accesibil clinicilor (v).

Pe scurt, **importanța cercetării și elementele de originalitate** prezentate în această teză de abilitare foarte succint și ilustrate în cele 5 capitole sunt: stabilirea unei noi paradigme pentru detectarea, recunoașterea, precum și monitorizarea bolii Parkinson (i), dezvoltarea, pentru prima dată, a unei noi modalități în colectarea datelor pentru boala Parkinson (ii), proiectarea de noi instrumente și algoritmi pentru exploatarea informației multidimensională și multimodale (iii), extinderea filtrelor adaptive timp-spațiu, nou introduse, pentru estimarea și evaluarea conectivității creierului (iv), fuzionarea algoritmică de informații multimodale (v), rezolvarea problemei inerente de optimizare prin crearea de abordări de optimizare convexe sau globale (vi), încorporarea constrângerilor fiziologice, de multe ori sub formă de date bazate pe cunoaștere, în problema de optimizare constrânsă (vii), integrarea sistemului propus în sistemele de calcul actuale folosite de medici în clinici (viii), validarea rezultatelor prin compararea lor cu cele sugerate de experții din clinici (ix), stabilirea de colaborări internaționale și naționale între clinicieni și pionieri în neuroimagică, neurochirurgie și inginerie (x).

Pentru prima dată, informația dinamică a creierului și a mișcării au fost combinate și utilizate pentru diagnosticul bolii Parkinson, utilizând o rețea de senzori inteligenți și autonomi. Analiza informațiilor corespunzătoare mișcării prescrise, incluzând tremur și modificările conexe în conectivitatea creierului sunt noi și originale. Sistemul dinamic va include aspecte clinice ale simptomelor pacientului, ce vor fi integrate într-un sistem bazat pe cunoștințe. Îmi propun împreună cu echipa cu care voi lucra să lucrăm la elaborarea unui model puternic pentru identificarea precoce a simptomelor bolii Parkinson și stabilirea unor norme adecvate pentru implementarea sa în sistemul clinic.

Rezultatele vor putea fi exploatate de către partenerii noștri clinicieni, Companiile de Hardware și Software Medical, precum și de un număr mare de pacienți care folosesc aplicații-mobile. Astfel, va exista un impact semnificativ asupra sănătății, mediului academic, precum și asupra unei comunități mai largă de pacienți cu afecțiuni degenerative ale creierului.

Unul dintre Sistemele Hibrid create este **distribuit prin intermediul Internetului**, achiziția de date fiind efectuată inclusiv acasă la pacient (eventual asistat de personal paramedic sau de familie) și vor fi trimise la medicul său. Aceasta va conduce la o diagnosticare eficientă, iar pacienții nu sunt supuși la stres suplimentar. Din punct de vedere tehnic, sistemul va utiliza cele mai noi și cele mai adecvate metode pentru achiziția și prelucrarea semnalelor medicale. Cu aceste informații de intrare (date brute), mai mulți algoritmi de inteligență artificială vor fi aplicați cu scopul de a obține o acuratețe mai mare a rezultatelor, precum și pentru scurtarea investigației medicale.

Acest sistem inteligent reprezintă un prim pas către o procedură de diagnostic inovativă, mult mai puțin invazivă și mai ieftină decât diagnosticul bazat pe senzori wireless, imagistică, pentru boala Parkinson.