

ACADEMIA ROMÂNĂ FILIALA IAȘI
INSTITUTUL DE INFORMATICĂ TEORETICĂ

**Dare de seamă asupra activității de cercetare
Anul 2021**

Domenii și direcții de cercetare

Misiunea Institutului de Informatică Teoretică este de a aduce contribuții la îmbogățirea cunoașterii în domeniul informaticii și domeniile conexe (tehnologia informației, comunicații, electronică, științe cognitive, teoria sistemelor, matematică aplicată), realizarea de cercetări relevante pentru cultura și știința națională.

Direcții de cercetare abordate în Institut :

- Dezvoltarea de algoritmi, metode și resurse lingvistice pentru prelucrarea limbajului natural;
- Dezvoltarea de modele și metode formale pentru sisteme concurente și distribuite, agenți mobili, calcul reversibil;
- Dezvoltarea de algoritmi și metode de analiză a semnalului vocal cu aplicații în modelarea elementelor prozodice și identificarea emoțiilor transmise prin voce;
- Dezvoltarea de metode, algoritmi și tehnici de analiza, prelucrare, filtrare, segmentare și comprimare a imaginilor și a semnalelor;
- Dezvoltarea de metode și algoritmi pentru analiza mișcării și analiza structurală a secvențelor video dintr-o scenă;
- Dezvoltarea de algoritmi și metode pentru editarea atlaselor lingvistice și a textelor dialectale.

I. Personal implicat în activitatea de cercetare și resurse de cercetare

1. Personalul implicat în activitatea de cercetare

În rezolvarea obiectivelor cuprinse în planul de cercetare aprobat de Academia Română și al proiectelor contractate de Institut în cadrul competițiilor lansate de programele naționale de cercetare, se află un nucleu de cercetători cu experiență precum și tineri care se formează ca și cercetători în domeniul informaticii teoretice și aplicative.

Structura resursei umane care a participat la realizarea temelor de cercetare din Institut în anul 2021 este:

- 21.5 cercetători, 2.5 asistenți de cercetare
- 15 norme din Institut dețin titlul științific de doctor
- 1 conducător de doctorat care activează în cadrul Academiei Române
- 4 conducători de doctorat în Universitățile Ieșene

2. Activitatea doctorală

Activitatea doctorală din Institut se desfășoară în cadrul Școlii de Studii Avansate a Academiei Române (SCOSAAR). În Institut activează un conducător în domeniul *Informatică* (CS I. dr. habil. Tudor Barbu), doi conducători de doctorat din cadrul Universității Tehnice „Gheorghe Asachi” din Iași (acad. H.N. Teodorescu, prof. L. Goraș) și doi conducători de doctorat din cadrul Universității „Al. I. Cuza” din Iași (prof. Dan Cristea mc, dr. Gabriel Ciobanu).

În cadrul SCOSAAR, și-a desfășurat programul de doctorat un doctorand înmatriculat în noiembrie 2019 în domeniul informatică, conducător doctorat CS I Tudor Barbu. În Institut și-au desfășurat activitatea: un doctorand aflat în programul de pregătire și un doctorand care și-a susținut teza de doctorat în cadrul Universității „Al. I. Cuza” din Iași, conducător doctorat prof. Dan Cristea mc, un doctorand în etapa de elaborare a tezei la Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, conducător doctorat Acad. H.N. Teodorescu și 2 postdoctoranzi înmatriculați la Universitatea „Al. I. Cuza” din Iași (Onofrei-Plămadă Mihaela și Crucianu Paula-Alexandra). În Institut își desfășoară activitatea doi conducători doctorat în cadrul Universității Tehnice „Gheorghe Asachi” din Iași (acad. Horia-Nicolai Teodorescu și prof. Liviu Goraș) și doi conducători doctorat în cadrul Universității „Al. I. Cuza” (Prof. Dan Cristea m.c, Gabriel Ciobanu)

3. Infrastructura de cercetare

Infrastructura de cercetare din Institut cuprinde baza materială formată din 35 calculatoare cu sisteme de operare Linux și de tip Windows, 12 imprimante și 2 scanare. Toate calculatoarele au acces la Internet permanent, prin intermediul unui server conectat prin fibră optică la rețeaua Vodafone. În afara informațiilor disponibile gratuit pe Internet, cercetătorii din institut au avut acces la o serie de reviste de specialitate la zi prin platforma e-nformation. De asemenea cercetătorii au avut acces la biblioteca Academiei Române, biblioteca Universității Tehnice „Gheorghe Asachi” din Iași și „Colectivului de circuite și sisteme electronice neliniare” de la Facultatea de Electronică și Telecomunicații.

II. Cercetarea științifică – rezultate (2021), stadiu de lucru

Planul de cercetare pe anul 2021 a cuprins patru proiecte de cercetare în cadrul programului „Abordări noi în inteligența computațională”:

Proiect 1. “ Procesarea Limbajului Natural și analiza prozodiei în limba română”

Proiect 2. “ Analiza și recunoașterea semnalelor. Fuziunea informațiilor”

Proiect 3. “ Evoluția resurselor în sistemele dinamice discrete”

Proiect fundamental: „Atlase Lingvistice. Sistem pentru editarea asistată de calculator și publicarea planșelor atlaselor lingvistice ale dialectului aromân.”

La nivel de proiecte s-au obținut următoarele rezultate:

Proiect de cercetare 1 - Procesarea limbajului natural și analiza prozodiei în limba română

Teme de cercetare:

- Modele și tehnici de prelucrare a limbajului natural aplicate limbii române moderne și în diacronie; dezvoltarea de resurse ale limbii române
- Instrumente software și metode de analiză voce, prozodie și emoție transmisă prin voce

Colectiv de coordonare: CS.I. dr. Dan Cristea, CS I dr. Horia Nicolai Teodorescu.

Rapoarte de cercetare:

1. Dezvoltări și colaborări post- și inter-proiecte (eDTLR, RoWN, DRuKoLa, CoRoLa, ReTeRom, DeLORo).

Autori: D.Cristea, D. Gifu, C.Bolea, M. Onofrei-Plămadă, L. Pistol, A. Scutelnicu, C. Pădurariu 15.06.2021

2. Studiul computațional al limbii române din perspectivă diacronică și sincronică.

Autori: D.Cristea, H.N. Teodorescu, D. Gifu, C.Bolea, M. Onofrei-Plămadă, L. Pistol, A. Scutelnicu, C. Pădurariu 31.12.2021

3. Dezvoltarea de instrumente software și metode pentru analiza de voce, prozodie și emoție transmisă prin voce.

Autori: D. Jitca, M. Zbancioc, M. Feraru, R. Luca 15.06.2021

4. Dezvoltarea de instrumente software și metode alternative pentru analiza de voce, prozodie și emoție transmisă prin voce

Autori: H.N. Teodorescu, D. Jitca, M. Zbancioc, M. Feraru, R. Luca 31.12.2021

Lucrări științifice:

1. M. Onofrei, D. Trandabă, „Author confidence as a predictor of the acceptance of scientific papers”, Proceedings of the 15th International Conference “Linguistic Resources and Tools for Natural Language Processing”, Online, 14-15 December 2020, ISSN 1843-911x, pp. 131-140, 2020.
2. S. Zhang, Q. Luo, Y. Feng, K. Ding, D. Gifu, S. Zhang, X. Ma, J. Xia. *Keyphrase Extraction by Improving TextRank with an Integration of Word Embedding and Syntactic Information*. În Journal: Recent Advances in Computer Science and Communications, Formerly Recent Patents on Computer Science, Volume 14, Issue 9, 2021, pp. 2987 - 2993, DOI: 10.2174/2666255813999200820155846 – indexed by Scopus.
3. D. Gifu. *E-learning Economic Crisis*. În: Proceedings of eLSE 2021, Vol. 2, - indexed by ISI Web of Science, CEEOL, ProQuest, EBSCO, Bucharest, Romania, 2021, ISSN: 2066-026X.
4. M. Dobrilă, D. Gifu. *Tracing Medical Telecommunication Systems and e-Health in European Union*. În: Proceedings of the International Congress “By promoting excellence we prepare the future”, Selection of Abstracts, International Journal of Medical Dentistry, 25(2), 2021, ISSN: 2066-6063, în order to be evaluated and indexed

accordingly în ISI proceedings.

5. E. Pop, D. Gifu, M. A. Moisesescu, I. Ș. Sacala. *A Cyber-Physical System Oriented Platform Using Web Services*. În: *Proceedings of CSCS23, IEEE Conference Publishing Service*, 2021, pp. 328-334, indexed by IEEE Xplore database and ISI Web of Science, ISSN: 2379-0474.
6. J. Gracia, D. Cristea, D. Tufiş, D. Gifu, *Welcome and Introduction; Overview to Linguistic Linked Data*, The 15th EUROLAN 2021 Training School, Feb. 8-12, 2021 - online.
7. D. Gifu, *Sentiment Analysis with Deep Learning*, at the Seminar for Fuzzy Systems & Artificial Intelligence Grigore C. Moisil, Romanian Academy, Mar. 19, 2021, Iași, Romania.
8. D. Gifu, *Artificial Intelligence and Its Role în Modelling Future EU*, at the Conference on the Future of Europe, 9 May 2021, Babes-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania.
9. S. C. Bolea, D. Cristea, P. A. Crucianu, G. Dumitrescu, D. Gifu, G. Haja, M. Onofrei, C. Pădurariu, P. Rebeja, L. A. Scutelnicu, E. I. Tamba, R. Vieru, *Scrierile vechi românești în atenția cititorului de azi: Artificial Intelligence Models (Deep Learning) Applied in the Analysis of Old Romanian Language (DeLORO – Deep Learning for Old Romanian)*, Lexicografia Academică Românească. Provocările Informatizării, Ediția a X-a online, 27–28 mai 2021, Iași, Romania.
10. R. Ciora, D. Gifu, A.-L. Ciora. *A Solution for Medical Information Management*. În: *Acta Medica Transilvanica*, open access journal, vol. 26, no. 3, 2021, pp. 30-33, Sibiu, Romania, ISSN 2285-7079, ISSN-L 1453-1968, indexed by Copernicus, EBSCO, DOAJ, etc.
11. I.-A. Pătrăuceanu, A. Iftene, D. Gifu. An Automatic Car License Plate Recognition System. În: *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction RoCHI 2021*, pp. 28-35, Bucharest, Romania, ISSN 2501-9422, ISSN-L 2501-9422, indexed by ISI Web of Science, Scopus, DBLP.
12. A. Simion, A. Iftene, D. Gifu. An Augmented Reality Piano Learning Tool. În: *Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction RoCHI 2021*, pp.135-142, Bucharest, Romania, ISSN 2501-9422, ISSN-L 2501-9422, indexed by ISI Web of Science, Scopus, DBLP.
13. E. Pop, D. Gifu, A. M. Stănescu, M. A. Moisesescu, I. Ș. Sacala. *Cyber Physical Systems Architecture for Collaborative Services*. În: *Proceedings of CSCS 2021*, IEEE Catalog Number: CFP2172U-ART, 2021, pp. 328-334, indexed by ISI Web of Science, Scopus, DBLP, ISSN: 2379-0474, ISBN: 978-1-6654-3939-8
14. D. Gifu. *Tracing Economic Crisis Prediction*. În: *Proceedings of the 6th Conference on Mathematical Foundations of Informatics, MFOI-2020*, Kyiv, 2021, pp. 135-144 – indexed by Mathematical Reviews, Zentralblatt MATH, MathSciNet, DBLP, DOAJ, EBSCO, ISBN: 978-966-999-143-0.
15. D. Alexandru, A. Iftene and D. Gifu. What Indicators Tell Us about Making Accurate Rank of the Best Paper Predictions. În: *Proceedings of the 15th International Conference Linguistic Resources and Tools for Processing The Romanian Language*, ConsILR-2020, Bucharest, Iasi, Romania, Verginica Barbu Mititelu et al. (eds.), "Alexandru Ioan Cuza" University Publishing House, Iași, 2021, pp. 173-182, ISSN 1843-911X, în order to be evaluated and indexed accordingly în ISI proceedings.
16. A. Scutelnicu, „A Word Sense Alignment Approach Based on the Romanian Wordnet and eDTRL Resources”, *Proceedings of the 15th International Conference “Linguistic Resources and Tools for Natural Language Processing”*, Online, 14-15 December 2020, ISSN 1843-911x, pp. 83-90, 2020.
17. L. A. Scutelnicu, *Romanian Lexical Resources Interconnection*, 25th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, KES 2021, ScienceDirect, Procedia Computer Science 00 (2021) 000–000, Elsevier.
18. Scutelnicu Liviu Andrei, *Representing and Interconnecting Lexical Resources*, PhD. Thesis - September 2021
19. H.N. Teodorescu, *Applying Chemical Linguistics and Stylometry for Deriving an Author’s Scientific Profile*. 15-th International Symposium on Signals, Circuits and Systems, ISSCS 2021, 15-16 July 2021, Iasi, Romania. DOI: 10.1109/ISSCS52333.2021.9497403.
20. Horia-Nicolai Teodorescu, Speranta Cecilia Bolea, *Automatic Segmentation of Texts based on Stylistic Features*. 11th Conference on Speech Technology and Human-Computer Dialogue, October 13-15, 2021, Bucharest, Romania.
21. Speranta Cecilia Bolea, *Implementation of an Algorithm for Automatic Segmentation of Texts based on Stylometric Analysis*. 7th International Symposium On Electrical and Electronics Engineering, 28 - 30 October 2021, Galati, Romania.
22. D. Cristea, C. Pădurariu, P. Rebeja, L. A. Scutelnicu, M. Onofrei-Plamadă, P. A. Crucianu, C. Bolea, D. Gifu, G. Haja, I. Tamba, R. Vieru – *Short-circuiting manual annotation în the process of building a corpus of old Cyrillic Romanian*, Simpozionul „Sisteme Inteligente și Aplicații”, în cadrul „Zilelor Academice Ieșene”, Ediția a XXXVI-a, 22 octombrie 2021, Iași, Romania.
23. M. Onofrei-Plamadă – *Identificarea automată a limbajului ofensator din forumurile de discuții în limba română*, Simpozionul „Sisteme Inteligente și Aplicații”, „Zilelor Academice Ieșene”, Ediția a XXXVI-a, 22 octombrie 2021, Iasi, Romania.
24. D. Gifu. *The Use of Decision Trees for Analysis of the Epilepsy*, at the 23th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, KES 2021, IS24: AI, Robotics, and Human Machine Systems (IROHMS) for Medical and Healthcare Applications, Schedule, Sept. 8-10, 2021, Szczecin, Poland - Rank B.

25. C.-I. Irimia, A. Iftene, D. Gifu, A Large-Scale E-voting System Based on Blockchain, at the 29th *International Conference on Information Systems Development*, ISD 2021, Schedule, Sept. 8-10, 2021, Valencia, Spain - Rank A.
26. M.-A. Costandache, A. Iftene, D. Gifu, A Speaker De-identification System based on Sound Processing, at the 29th *International Conference on Information Systems Development*, ISD 2021, Schedule, Sept. 8-10, 2021, Valencia, Spain - Rank A.
27. M. Samson, D. Gifu, FII_CROSS at SemEval-2021 Task 7: HaHackathon: Detecting and Rating Humor and Offense, at the 15th International Workshop on Semantic Evaluation, SemEval-2021, Aug. 5-6, 2021, Bangkok, Thailand, colocated with ACL-IJCNLP 2021.
28. C. Bodnar, A. Tapuc, C. Pintilie, D. Gifu, D. Trandabat. FII_CROSS at SemEval-2021 Task 2: Multilingual and Cross-lingual Word-in-Context Disambiguation, at the 15th International Workshop on Semantic Evaluation, SemEval-2021, Aug. 5-6, 2021, Bangkok, Thailand, colocated with ACL-IJCNLP 2021.
29. J. Gracia, D. Tufiş, D. Cristea, D. Gifu, Introduction - Overview to Linguistic Linked Data, at the 15th EUROLAN 2021 Training School, Schedule, Feb. 8-12, 2021 - online.
30. D. Cristea, Invited participation în the ELRC Panel "Connecting Europe facility", 29 September 2021 - Romania (online).
31. Jitcă, D. *From ToBI phonological events to functional melodic forms at the communicative level*. în volumul *Prosodic variation (with)în languages: Intonation, phrasing and segments*, eds. Cruz & Frota, Editura Equinox, London, UK, 2021.
32. Jitcă, D. *A Cognitive View on Romance WH-Question Contours*, trimisă la Journal of Psycholinguistic Research în martie 2021.
33. Jitcă, D. *A Cognitive View on Romance Yes-No Question Contours*. în volumul *Current Approaches to Romanian and Spanish Intonation*, eds. Bibiri A. & Bleortu C., Editura Onomazein, Santiago de Chile, Chile, 2022.
34. Horia-Nicolai Teodorescu, Sorin Andrian, Stefan Ghelțu, Cristina Angela Ghiorghe, Ionuț Tărăboanță, *Speech under combined Schizophrenia and Salivary Flow Alterations – Preliminary Data and Results*. 11th Conference on Speech Technology and Human-Computer Dialogue, October 13-15, 2021, Bucharest, Romania.
35. M. Zbancioc, M. Feraru, *Emotion Recognition for Romanian Language Using MFSC Images with Deep- Learning Neural Networks*, IEEE International Conference on e-Health and Bioengineering, EHB 2021
36. M. Zbancioc, M. Feraru, *A new method of emphasizing the formants of the vocal spectrum*, The International Conference on Linguistic Resources and Tools for Natural Language Processing – ConsILR-2021
37. M. Feraru, M. Zbancioc – *Recunoașterea emoțiilor pentru limba română folosind imagini MFSC cu rețele neuronale „Deep- Learning”*, „Zilele Academice Iașene” ediția a XXXVI, Simpozionul „Sisteme Inteligente și Aplicații”, 22 oct. 2021
38. D. Alexandru, A. Iftene and D. Gifu. What Indicators Tell Us about Making Accurate Rank of the Best Paper Predictions. În: *Proceedings of the 15th International Conference Linguistic Resources and Tools for Processing The Romanian Language*, ConsILR-2020, Bucharest, Iasi, Romania, Verginica Barbu Mititelu et al. (eds.), "Alexandru Ioan Cuza" University Publishing House, Iași, 2020, pp. 173-182, ISSN 1843-911X, în order to be evaluated and indexed accordingly în ISI proceedings.
39. A. Scutelnicu, „A Word Sense Alignment Approach Based on the Romanian Wordnet and eDTRL Resources”, *Proceedings of the 15th International Conference “Linguistic Resources and Tools for Natural Language Processing”*, online, 14-15 December 2020, ISSN 1843-911x, pp. 83-90, 2020.
40. M. Onofrei, D. Trandabă, „Author confidence as a predictor of the acceptance of scientific papers”, *Proceedings of the 15th International Conference “Linguistic Resources and Tools for Natural Language Processing”*, online, 14-15 December 2020, ISSN 1843-911x, pp. 131-140, 2020.

Cercetările aferente raportului „**Dezvoltări și colaborări post- și inter-proiecte (eDTLR, RoWN, DRuKoLa, CoRoLa, ReTeRom, DeLoRo)**” au constatat în realizarea următoarele activități:

- 1 S-a realizat fișa de lucru pentru setul de date *Yelp Challenge dataset*. *Yelp Challenge dataset* este un subset de date de la companii, recenzii și date despre utilizatori pentru utilizare în scopuri personale, educaționale și academice; este utilizat pentru a învăța studenții despre bazele de date, pentru a învăța tehnologii de prelucrare a limbajului natural.
- 2 Partea vocală a corpusului CoRoLa a fost mărită cu încă 11 ore de înregistrări audio iar partea textuală cu încă 178.000 de cuvinte.
- 3 S-a folosit algoritmul *word2vec* pe un eșantion de aproximativ 150 de milioane de cuvinte, din corpusul CoRoLa.
- 4 S-au făcut mai multe dezvoltări la platforma OOCIAT (*the Online Old Cyrillic Image Annotation Tool*), cu care sunt adnotate mai multe tipuri de obiecte grafice și cu conținut textual din colecția de cărți vechi românești redactate în slove chirilice.
- 5 S-a propus un număr de interogări posibile care să exploateze structura informațională a bazei de date DeLoRo.
- 6 S-au testat mai mulți clasificatori: *Naive Bayes*, *Passive Aggressive*, *Logistic Regression*, *K Nearest Neighbour* pentru a identifica știrile false de pe site-urile de știri din România. Corpusul folosit însumează

200.000 de cuvinte, utilizate în 1.200 de articole, distribuite în mod egal între cele două categorii, jumătate pentru texte neutre, jumătate pentru satiră.

- 7 S-a antrenat și a fost evaluată performanța unui clasificator Naïve Bayes, pe un număr de 260 articole științifice diferite, în vederea măsurării gradului de încredere al unui autor în propria sa producție științifică.
- 8 S-a propus o metodologie ce include algoritmi de învățare automată bazată pe colecția arXiv care prezice valoarea unui articol.
- 9 S-a realizat un studiu state of the art pentru platforme de conferințe audio-video: *Discord, Google Meet (cunoscut anterior ca Hangouts Meet), Microsoft Teams & Skype, Cisco Webex, Zoom*.
- 10 S-a propus un model pentru a marca temporar un text, au fost utilizate patru structuri principale de date XML: (1) EVENIMENT; (2) TIMEX3; (3) SEMNAL și (4) LINK.
- 11 S-a dezvoltat un algoritm ce permite segmentarea textului la nivel de pagină, folosind distanțele *Euclid, Cosine, măsurile Bray-Curtis Dissimilarity și Correlation*. Algoritmul s-a aplicat pe două documente/texte segmentate în capitole de către autor sau de către un cititor (presupus expert).

Cercetările aferente raportului „**Studiul computațional al limbii române din perspectivă diacronică și sincronică**” au constatat în realizarea următoarelor activități din planul de cercetare:

- A.1.a Platforma LSPLR@ARF (*Laboratorul de Stocare și Prelucrare a Limbii Române @ Academia Română Filiala Iași*) se află într-un proces de modernizare; ea va fi lansată public în evenimentul *Romanian AI Days-2021*, din 24-25 noiembrie 2021.
 - A.1.b S-a propus o nouă structură a fișelor tehnologice și de resurse și s-au adăugat încă 3 fișe, ce vor fi urcate pe Platformă alături de cele existente.
 - B.1.a Partea vocală a corpusului CoRoLa a fost mărită cu încă aproximativ 5 ore de înregistrări audio și peste 45 mii de cuvinte care au fost adăugate componentei textuale; s-a propus o procedură de extragere automată a cuvintelor cheie din resursele textuale.
 - B.1.b S-a continuat activitatea de adnotate la niveluri superioare a corpusului CoRoLa.
 - B.1.c S-a propus un set de 3 noi colecții de date textuale rezultate din corpusuri românești
 - B.2.b S-a propus o metodă de căutare și focalizare de informații în documente istorice românești redactate în caractere chirilice.
 - B.2.c S-a elaborat o seamă de algoritmi care calculează la cerere statistici asupra termenilor cuprinși în corpusul ROCC, rezultat din proiectul DeLORo.
 - B.2.d S-a continuat, cu rezultate foarte bune, linia de cercetare pentru prezicerea lemelor din formele flexionate ale cuvintelor vechi românești
 - C.1.a S-a mărit corpusul de exemple adnotate și s-au scris noi algoritmi pentru depistarea automată a știrilor false.
 - C.2.a S-a continuat linia de cercetări, cu obținerea de noi rezultate, în direcția identificării gradului de încredere pe care un autor îl are în propria producție științifică.
 - C.3.a S-a propus o tehnică de rezumare automată a discuțiilor din mediul online
 - C.4.a S-a continuat linia de cercetare, cu elaborarea unor soluții, pentru adnotarea la temporalitate a operelor beletristice.
 - C.4.b Au fost aplicate distanțele Euclidean, Cosine; măsurile Bray-Curtis Dissimilarity și Corelția Pearson în toate cele trei spații COLOR, STILO și POS, pentru comparație, precum și în spațiul combinat al tuturor indicilor, ALL. Analiza a fost realizată pe două opere literare: „Memorii de război”, autor Alexandru Averescu și „Supt trei regi”, autor Nicolae Iorga.
- Obiectivele pentru această temă din semestrul doi /2021 au fost îndeplinite 100%.

Cercetările aferente raportului „**Dezvoltarea de instrumente software și metode pentru analiza de voce, prozodie și emoție transmisă prin voce**” au vizat realizarea următoarelor obiective:

- *Analiza recunoașterii automate a emoțiilor pentru limba română, folosind rețele neuronale de tip „deep learning” folosind imagini MFSC procesate, care conțin „anvelope spectrale”*

În cadrul acestui obiectiv, a fost analizată îmbunătățirea ratei de recunoaștere a emoțiilor prin extragerea unor anvelope spectrale și construirea cu ajutorul acestora a unor imagini MFSC.

Am proiectat un algoritm în acest sens care realizează o „fuziune” / concatenare a porțiunilor din trei anvelope spectrale obținute prin modificarea dimensiunii ferestrei de liftare prin metoda cepstrală. Cele trei anvelope au fost concepute pentru a păstra cât mai bine informațiile de joasă frecvență corespunzătoare frecvenței fundamentale, a frecvențelor medii corespunzătoare formanțelor inferioare F1-F2 și respectiv a

frecvențelor înalte corespunzătoare formanților superiori F3-F4. Pentru concatenare a fost folosit un sistem fuzzy Sugeno. Am realizat o conversie a spectrelor netezite pe scara mel.

Imaginile MFSC rezultate au o rezoluție de 161x256 pixeli, de peste 6 ori mai mare ca înălțime decât imaginile MFCC utilizate anterior în recunoașterea imaginilor. Rata medie de recunoaștere a emoțiilor cea mai bună a fost de 84.71%, pentru o rețea neuronală CNN cu două autoencodere ce utilizează un număr de $N1=400$ neuroni pe primul strat și $N2=200$ neuroni pe al doilea strat. Rezultatele sunt ușor mai bune, dar comparabile cu cele obținute anterior (când rata de recunoaștere a fost de 84.48%). Am urmărit să testăm o rețea CNN cu altă arhitectură care să includă mai multe straturi (inclusiv de pooling) pe imagini MFSC de rezoluție crescută pentru a analiza capacitățile unei astfel de rețele neuronale DL-CNN în recunoașterea automată a emoțiilor.

- *Analiza contururilor intonaționale pentru interogații parțiale aparținând celor nouă limbi romanice prezentate în cadrul volumului „Intonation în Romance” și investigarea limitelor interpretării acestora exclusiv din perspectiva fonologiei intonaționale.*

În cadrul acestui obiectiv, am analizat contururile interogațiilor parțiale din baza de rostiri a cărții „Intonation în Romance” din perspectiva modelului cognitiv al structurii de informație în analiza a contururilor frecvenței f_0 în interpretarea intonației interogațiilor totale. Ca urmare, în prima etapă am format o bază de date, dar cu interogații parțiale, aparținând celor nouă limbi romanice. Am extras contururile F_0 cu ajutorul programului Praat și apoi acestea fost partiționate, rezultând ierarhii de partiții binare pentru fiecare contur. Rezultatele cercetării sunt sintetizate în raportul de cercetare aferent în tabelul II.2, unde contururile interogațiilor parțiale sunt asociate cu descrierea acestora la nivelul accentelor de pitch corespunzătoare elementelor de informație cuprinse în structura cognitivă.

Obiectivele raportului au fost îndeplinite în totalitate 100%.

Cercetările aferente raportului „**Dezvoltarea de instrumente software și metode alternative pentru analiza de voce, prozodie și emoție transmisă prin voce**” au vizat realizarea următoarelor obiective:

- *Utilizarea în recunoașterea automată a emoțiilor pentru limba română de imagini MFSC cu contururi intonaționale accentuate folosind rețele neuronale de tip „deep learning”*

În cadrul acestui obiectiv s-a realizat recunoașterea automată a patru stări emoționale (bucurie, tristețe, furie, ton neutru) pentru limba română, folosind baza de date SRoL, utilizând rețele neuronale de tip „deep learning”.

Ipoteza de lucru testată a fost elaborarea unui algoritm de accentuare a contururilor intonaționale (frecvență fundamentală F_0 și formanți F1-F4) și modificarea energiilor din benzile de frecvențe mel - coeficienții MSFC. Imagini MFSC cu trasele lui F_0 , F1-F4 accentuate au constituit seturile de date utilizate pentru antrenarea DL-CNN. Rata de recunoaștere a emoțiilor a fost de aproximativ 86%, față de 84% cât s-a obținut pentru imagini MFSC neaccentuate. Chiar dacă creșterea ratei de recunoaștere nu este semnificativă, ea nu este nici de neglijat și deschide noi orizonturi de lucru cum ar fi creșterea rezoluției imaginilor MFSC și utilizarea mai multor straturi convoluționale în rețeaua neuronală DL-CNN, acesta fiind și unul din obiectivele pe care ne propunem să îl cercetăm în etapa următoare.

Rezultatele obținute au fost valorificate prin trimiterea unei lucrări la EHB 2021, la SIA2021, respectiv pregătirea unei lucrări pentru ConsILR2021 pe baza ultimelor rezultate obținute în această etapă.

- *Clasificarea cross-lingvistică și cross-dialectală a formelor contururilor din baza de date cu interogații parțiale, folosind atât trăsături fonologice cât și cognitive la nivelul structurii de informație*

Cercetările din cadrul acestui obiectiv au urmărit redescrierea fonologică a contururilor interogative totale selectate din baza de date a cărții *Intonation în Romance* [1]. Am efectuat analiza intonațională a acestora dintr-o perspectivă comună, bazată pe modelul structurării informației la nivel psiholingvistic (pre-lingvistic sau cognitiv). Această perspectivă de analiză a contururilor a condus la reducerea variabilității de interpretare a acestora (observată în descrierile fonologice din [1]), astfel încât trăsăturile fonologice să poată fi folosite în împărțirea contururilor în categorii inter-lingvistice și inter-dialectale în etapa viitoare.

Am introdus perspectiva modelului de structură a informației la nivel pre-lingvistic, pentru ca toate contururile să poată fi reprezentate de o partiție binară globală (care conține elementul nuclear global) indiferent dacă au două sau mai multe accente de pitch. De aceea, contururile au fost partiționate, rezultând ierarhii de partiții binare pentru fiecare contur. Astfel, toate contururile au putut fi asociate cu secvențe de două accente de pitch, iar evaluarea evaluarea țintei tonale a unui accent s-a putut relativiza prin compararea cu cea a evenimentului pereche din cadrul partiției. Am redefinit tipurile de accent de pitch din cadrul sistemului fonologic ToBI din perspectiva partițiilor binare cu evenimente de pitch care se desfășoară în cadrul unui câmp tonal împărțit în: partea Low (a tonurilor joase) și partea High (a tonurilor înalte). Folosind

categoriile redefinite ale accentelor de pitch, am descris și argumentat toate contururile bazei de date (45 de fișiere). Secvențele de descriere a accentelor de pitch, cele originale și cele rezultate din noua interpretare au fost asociate cu denumirea conturului în tabelul final al raportului.

Această viziune a structurii de informație la nivel pre-lingvistic a fost folosită și în analiza contururilor care au făcut obiectul lucrării „Information Packaging correlates of Semantic Information Structure Categories” ce a fost acceptată pentru publicare în cadrul revistei Bucharest Working Papers în Linguistics în anul 2020.

➤ *Concluzii preliminare privind utilitatea analizei indicilor (variații) Allan și Hadamard a formanților (H.N. Teodorescu).*

Cercetările din cadrul acestui obiectiv au vizat descrierea unei metode și faza inițială a construirii unei baze de date pentru investigarea efectelor combinate ale schizofreniei și a modificărilor fluxului salivar induse de medicamente asupra vorbirii și pe baza rezultatelor preliminare. Propunem o metodă cantitativă de evaluare a acestor efecte. Credem că aceasta este prima încercare de a efectua un studiu sistematic cu aceste două cauze combinate și cu o concentrare restrânsă asupra modificărilor vorbirii legate de fricative.

Obiectivele temei de cercetare au fost îndeplinite 100%.

Proiect de cercetare nr. 2 - Analiza și recunoașterea semnalelor. Fuziunea informațiilor.

Teme de cercetare:

- Metode ale inteligenței artificiale în analiza imaginilor.
- Tehnici de procesare și analiză pentru imagini digitale și secvențe video.
- Metode de prelucrare neliniară a semnalelor cu aplicații în recunoașterea formelor.

Colectiv coordonare: CS II Silviu Bejinariu, CS I Tudor Barbu, CS II Monica Fira

Rapoarte de cercetare:

1. Metode ale inteligenței artificiale în analiza, clasificarea și analiza mișcării în imagini și secvențe video
Autori: S.Bejinariu, H.N. Teodorescu, H. Costin, F. Rotaru, I. Păvăloi, R. Matei, C. Lazăr, R. Luca, C.Niță, F. Iftene 15.06. 2021
2. Experimente privind analiza, clasificarea și analiza mișcării în imagini și secvențe video folosind metode ale inteligenței artificiale.
Autori: S.Bejinariu, H.N. Teodorescu, H. Costin, I. Păvăloi, R. Matei, C. Lazăr, R. Luca, C.Niță, F. Iftene 31.12. 2021
3. Tehnici avansate de analiză a imaginilor digitale și secvențelor video colonoscopice, bazate pe modele PDE neliniare și de învățare profundă.
Autori: T. Barbu, Adrian Ciobanu, M. Luca 15.06. 2021
4. Tehnici avansate de restaurare a imaginilor afectate de mixturi de zgomot și de segmentare semantică a secvențelor video.
Autori: T. Barbu, Adrian Ciobanu, M. Luca 31.12. 2021
5. Studiul selecției trăsăturilor în probleme de clasificare și de reducere a dimensionalității semnalelor.
Autori: L. Goraș, M. Fira, C. Grigoraș 15.06.2021
6. Influența parametrilor tehnicilor de reducere a dimensionalității.
Autori: L. Goraș, M. Fira, C. Grigoraș 31.12.2021

Lucrări științifice

1. T. Barbu, Automatic Unsupervised Texture Recognition Framework Using Anisotropic Diffusion-Based Multi-Scale Analysis and Weight-Connected Graph Clustering, *Symmetry*, 13 (6), 925, 2021
<https://doi.org/10.3390/sym13060925>, **IF = 2.645**.
2. T. Barbu, P. Ungureanu, L. Goraș, Multiscale Texture Recognition Using Anisotropic Diffusion-based Scale Space and Combined Rotation-invariant Feature Descriptors, *Proceedings of the Romanian Academy, Series A, Volume 21, Number 4*, pp. 385–393, December 2020. **IF = 1.294**
3. T. Barbu, Automatic Edge Detection Framework Using Anisotropic Diffusion-based Multi-scale Image Analysis and Fine-to-coarse Tracking, *Proceedings of the Romanian Academy, Series A*, 2021, under review. **IF = 1.294**

4. T. Barbu, M. Luca, A. Ciobanu, *Anisotropic Diffusion-based Multiscale Medical Image Analysis Technique for COVID-19 Detection*, The 9th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering – EHB 2021, Web Conference, Romania, 18 – 19 noiembrie 2021.
5. A. Ciobanu, M. Luca, A. Oltean, O. Bărboi, V. Drug, *CIELAB Automatic Colonoscopy Post-evaluation*, *ESGE Days 2021*, rezumat eP293 în *Endoscopy* 53:S1-S286, 2021.
6. M. Luca, A. Ciobanu, T. Barbu, V. Drug, *Artificial Intelligence and Deep Learning, Important Tools în Assisting Gastroenterologists*, Health Book of Artificial Intelligence în Healthcare, Book Series Intelligent Systems Reference Library, Springer, to appear în 2021.
7. M. Luca, A. Ciobanu, *Polyp Detection în Video Colonoscopy Using Deep Learning*, accepted by Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, 2021. **IF = 1.851**
8. T. Barbu, Mixed Noise Removal Framework Using a Nonlinear Fourth-Order PDE-Based Model, *Applied Mathematics & Optimization*, 17 august 2021, <https://doi.org/10.1007/s00245-021-09813-4>, **IF = 3.582**.
9. T. Barbu, Nonlinear PDE-based models for photon-limited image restoration, *Applied Sciences*, Vol. 23, 2021, pp. 5-16.
10. T. Barbu, Novel Variational Technique for Mixed Poisson-Gaussian Noise Filtering, *2021 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS)*, 15-16 iulie 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISSCS52333.2021.9497408. IEEE
8. A. Ciobanu, M. Luca, T. Barbu, V. Drug, A. Olteanu, R. Vulpoi, Experimental Deep Learning Object Detection în Real-time Colonoscopies, *The 9th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering – EHB 2021*, Web Conference, Romania, 18 – 19 noiembrie 2021. IEEE
9. Monica Fira, Liviu Goras, *On the influence of feature selection with Laplacian Score în ECG signals classification*, ISSCS 2021, Iasi, Romania
10. Monica Fira, Liviu Goras, *Improving multiclass classification accuracy for ECG signals belonging to imbalanced databases*, ISSCS 2021, Iasi, Romania
11. C. Grigoras, V. Grigoras, Hyperchaotic Non-homogeneous Neural Network, ISSCS 2021, Iasi, Romania
12. V. Grigoras, C. Grigoras, Multiple scroll hysteretic system, ISSCS 2021, Iasi, Romania
13. D. Matei, C. Grigoras, D. Cuciureanu, V. Constantinescu, *The circadian rhythm of arterial blood pressure în Alzheimer's disease and vascular dementia*, *Acta Neurologica Belgica* (IF 1.989 – 2019), 2021, DOI: 10.1007/s13760-021-01664-8
14. C. Grigoras, V. Grigoras, *Discrete implementation of chaotic encryption system*, *Proceedings of the Romanian Academy*, 22(1) 2021: 99 – 106 (IF 1.294/2019)
15. M. Fira, H.-N. Costin, L. Goras, *On the Classification of ECG and EEG Signals with Various Degrees of Dimensionality Reduction*, *Biosensors* 2021, 11(5), 161; <https://doi.org/10.3390/bios11050161>, (Revista cu Impact Factor = 5,519 încadrată în Q1 = zona roșie)
16. L. Goras, P. Ungureanu, M. Fira, *On Pattern Formation în a Class of Graph Neural Networks*, ISSCS 2021 (Conferința cu Proceedings WoS)
17. R.-D. Florescu, L. Goras, *On Sensitivity Functions and Sensitivity Points – A Case Study for a DC-DC Buck Converter Model*, ISSCS 2021 (Conferința cu Proceedings WoS)
18. V. Grigoras, C. Grigoras, *Hyperchaotic Modulation for Secure Biomedical Signal Transmission*, *Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Electrotehnica, Energetica, Electronica*, articol acceptat pentru publicare în vol. 67 (71), 2021 (indexat BDI: Index Copernicus, Ulrich's, CNKI Scholar)
19. S. Belciug, A. Sândiță, H. Costin, S.-I. Bejinariu, *“Competitive / Collaborative Statistical Learning Framework for Forecasting Intraday Stock Market Prices: A Case Study”*, în *Studies în Informatics and Control*, 30(2), pp. 135-146, June 2021, WOS:000665728800004.
20. A. Ignat, M. Luca, I. Pavaloi, C. Lazar, *“Efficient descriptors selection în automatic image retrieval using DENOL”*, acceptată pentru publicare în *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 2021.
21. R. Luca, S.-I. Bejinariu, H. Costin, F. Rotaru and G. Petroiu, *“Human Activity Recognition using Inertial Data”*, 2021 12th International Symposium on Advanced Topics în Electrical Engineering (ATEE), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ATEE52255.2021.9425112, WOS:000676164800038.
22. M. Hagan, H.-N. Teodorescu, *“Sensors for Foot Plantar Pressure Signal Acquisition”*, 2021 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISSCS52333.2021.9497425, deocamdată nu este în ISI-WOS.
23. H.-N. Teodorescu, *“What is a Good Wearable Medical Alarm Design, Anyway?: Do we really know to design a wearable medical alarm?”*, 2021 International Conference on Applied Electronics (AE), 2021, pp. 1-6, doi: 10.23919/AE51540.2021.9542891, deocamdată nu este în ISI-WOS.
24. H.-N. Teodorescu, M. Hagan, *“Correlational Analysis of Foot Plantar Pressure Signals”*, the 7th International Symposium on Electrical and Electronics Engineering, ISEEE-2021, 28-30 October 2021, Galați, Romania.
25. R. Luca, S.-I. Bejinariu, H. Costin, F. Rotaru, *“Inertial Data Based Learning Methods for Person Authentication”*, Proc. of the 2021 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISSCS52333.2021.9497421, deocamdată nu este în ISI-WOS.
26. A. Ignat, I. Păvăloi, *“Occluded Iris Recognition using SURF Features”*, Proc. of the 16th International Joint

- Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISIGRAPP 2021), 5: VISAPP, pp. 508-515, doi: 10.5220/0010255405080515.
27. A. Ignat, I. Păvăloi, “*Keypoint Selection Algorithm for Palmprint Recognition with SURF*”, 25th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, Szczecin, Poland, 8-10 september 2021, Procedia Computer Science, 192, pp. 270-280, doi: 10.1016/j.procs.2021.08.028.
28. I. Păvăloi, C. Lazar, C. Nita, A. Ignat, “*Palmprint recognition with fixed number of SURF keypoints*”, the 9th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB 2021, 18-19 November 2021, Iasi, Romania.
29. A. Ignat, M. Luca, I. Păvăloi, C.L. Lazăr, “*DENOL: efficient descriptors selection for automatic image retrieval*”, SOFA 2020, 9th International Workshop on Soft Computing Applications 27-29 NOV-2020 Arad, Romania – neraportată în 2020.
30. S.-I. Bejinariu, R. Luca, I. Onu, H. Costin, G. Petroiu, “*Image Processing for the Rehabilitation Assessment of Locomotion Injuries and Post Stroke Disabilities*”, the 9th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB 2021, 18-19 November 2021, Iasi, Romania.
31. R. Matei, “*Efficient Design Procedure for Circular Filter Banks*”, 2021 IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), 2021, pp. 259-262, doi: 10.1109/MWSCAS47672.2021.9531686.
32. R. Matei, “*Efficient Analytical Design of Wedge-Shaped Filters*”, 2021 International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISSCS52333.2021.9497432.
33. R. Matei, “*Synthesis and Applications of Oriented Gaussian FIR Filters*”, IEEE EUROCON 2021 - 19th International Conference on Smart Technologies, 2021, pp. 60-65, doi: 10.1109/EUROCON52738.2021.9535614.
34. R. Matei, C. Niță, H.-N. Teodorescu, „*Analiză de imagini și clasificarea samarelor de carpen - studii la IIT*”, Inteligența artificială / Machine Learning și Tehnologia Informației în agricultură, silvicultură, zootehnie și medicină veterinară, București, 11 iunie 2021, Sesiune de comunicări științifice organizată de Academia Română, prin Secția de Știința și tehnologia informației și Secția de Științe agricole și silvice, și Academia de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu Șișești”;
35. F. Rotaru, S.-I. Bejinariu, „*Studiul comportamentului animalelor în captivitate prin analiza video*”, Inteligența artificială / Machine Learning și Tehnologia Informației în agricultură, silvicultură, zootehnie și medicină veterinară, București, 11 iunie 2021, Sesiune de comunicări științifice organizată de Academia Română, prin Secția de Știința și tehnologia informației și Secția de Științe agricole și silvice, și Academia de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu Șișești”;
36. F. Rotaru, S.-I. Bejinariu, „*Analiza imaginilor de satelit. Aplicații în agricultură*”, Inteligența artificială / Machine Learning și Tehnologia Informației în agricultură, silvicultură, zootehnie și medicină veterinară, București, 11 iunie 2021, Sesiune de comunicări științifice organizată de Academia Română, prin Secția de Știința și tehnologia informației și Secția de Științe agricole și silvice, și Academia de Științe Agricole și Silvicultură „Gheorghe Ionescu Șișești”.
37. I. Păvăloi, L.-C. Lazăr, C.-D. Niță, „*Clasificarea amprentelor palmare utilizând trăsături SURF*”, Simpozionul Sisteme Inteligente și aplicații, Zilele Academice Iașene, ediția a XXXVI-a, Iași, România, 2021.
38. C.-D. Niță, L.-C. Lazăr, I. Păvăloi, „*Clasificarea imaginilor conținând iriși utilizând trăsături de textură și descriptori SIFT și SURF*”, Simpozionul Sisteme Inteligente și aplicații, Zilele Academice Iașene, ediția a XXXVI-a, Iași, România, 2021.
39. R. Luca, S.-I. Bejinariu, H. Costin, F. Rotaru, „*Recunoașterea persoanelor și activităților umane folosind date inerțiale*”, Simpozionul Sisteme Inteligente și aplicații, Zilele Academice Iașene, ediția a XXXVI-a, Iași, România, 2021.
40. R. Luca, S.-I. Bejinariu, „*Clusterizare fuzzy pentru recunoașterea locomoției umane*”, Simpozionul „SISTEME FUZZY ÎN ECONOMIE”, Institutul de Cercetări Economice și Sociale „Gh. Zane”, Zilele Academice Iașene, ediția a XXXVI-a, Iași, România, 2021.
41. F. Iftene, „*ICS Registry – Aplicație pentru managementul integrat al rezultatelor cercetării*”, Simpozionul Sisteme Inteligente și aplicații, Zilele Academice Iașene, ediția a XXXVI-a, Iași, România, 2021.

Cercetările prezentate în raportul „**Metode ale inteligenței artificiale în analiza, clasificarea și analiza mișcării în imagini și secvențe video**” au vizat realizarea următoarelor obiective:

- Dezvoltarea de metode de învățare profundă (deep learning) pentru identificarea și urmărirea automată a (segmentelor) corpului uman în secvențe video.

În cadrul acestui obiectiv au fost continuate cercetările legate de analiza mișcării umane din înregistrări video și principalele rezultate obținute sunt:

- a fost propusă o metodă de recunoaștere a activităților umane, folosind datele furnizate de un dispozitiv accelerometric cu 3 axe de măsură amplasat pe corp. Setul de trăsături utilizat în clasificare este compus din 52 de parametri statistici extrași din secvențele de accelerații achiziționate pe cele 3 axe, folosind metoda overlapping time window. Clasificatorii utilizați au fost *k-nearest neighbors* (kNN), *Random Forests* (RF) și J48. Rezultatele cele mai bune au fost obținute cu ajutorul clasificatorilor kNN și RF pentru care rata de clasificare corectă a depășit 98%.
- a fost analizată precizia unor senzori pedometrici pentru analiza mersului.

- a fost propusă o metodă de identificare a persoanelor dintr-un grup bazată pe modele de mișcare biometrice ce folosește ca intrare tot date obținute folosind accelerometrul cu 3 axe de măsură al unui dispozitiv portabil.
- fost proiectată structura unei rețele neuronale convoluționale 1D (1D-CNN), rezultatele fiind comparate cu cele obținute, folosind algoritmi kNN și RF. Identificarea s-a bazat pe pattern-urile de mișcare specifice fiecărui individ în cursul efectuării unei activități, în acest caz fiind considerate doar două: *walking* și *working at computer*. Ca trăsături au fost utilizate secvențe de câte 52 de valori ale accelerațiilor pe cele trei axe, fără a fi prelucrate într-un alt mod. Rezultatele clasificării sunt comparabile pentru toți cei trei clasificatori în cazul *walking* – aproximativ 97.5% rată de clasificare corectă, în timp ce pentru *working at computer*, clasificatorul kNN a obținut cele mai bune rezultate, privind identificarea persoanei, cu o rată de clasificare corectă de 96.3%.
- pentru realizarea experimentelor, ambele metode de clasificare menționate, clasificarea activităților și respectiv identificarea persoanei au fost implementate în limbaj Python.
- a fost studiată o abordare HPE (*Human Pose Estimation*) ce folosește *COCO 2018 Keypoint Detection Task* pentru detectarea segmentelor corpului uman în vederea estimării poziției corpului uman.

➤ *Depistarea stărilor de stres din analiza mișcării în experimente cu animale în captivitate.*

În cadrul acestui obiectiv au fost continuate cercetările, privind mișcarea animalelor în captivitate și principalele rezultate sunt:

- optimizarea tehnicilor de detecție a subiectului la nivelul fiecărui task.
- optimizarea tehnicilor de fuzionare a traiectoriilor prelevate de procedurile de urmărire prin: a) diminuarea eliminărilor din selecția finală a unor cadre utile, prin reformularea unor condiții de corelare a detecțiilor camerelor complementare; b) reducerea comutărilor între camerele complementare, ceea ce simplifică analiza finală.
- propunerea unei metode de detecție a episoadelor de stres.

➤ *Analiză bază de date de samare, asimetrie, metrice pentru gradul de asimetrie*

În cadrul acestui obiectiv, a fost continuat studiul detaliat asupra asimetriei imaginilor de samare. În etapele anterioare, a fost elaborată o bază de date cu imaginile de samare, au fost analizate caracteristicile geometrice ale acestora (distanțe între punctele caracteristice și unghiurile asociate) și un set de coeficienți specifici ce descriu gradul de asimetrie al samarelor. Principalele rezultate obținute în această etapă sunt:

- studierea problemei clasificării samarelor din baza de date pe baza setului de parametri descriptori care caracterizează proprietățile de asimetrie ale acestora.
- clasificarea samarelor, împărțind gama de variație a valorii fiecărui parametru în 2-4 intervale, sau chiar perechi de parametri, cum ar fi unghiurile și laturile adiacente (lungimile aripioarelor laterale). Se constată o similaritate a formelor samarelor ce fac parte din aceeași clasă, ce poate fi evaluată și subiectiv, cu atât mai evidentă la clasele ce corespund valorilor extreme ale parametrilor (minime sau maxime). Aceasta demonstrează că parametrii respectivi descriu corect proprietățile de asimetrie.
- analiza repartizării statistice a diversilor parametri geometrici în urma căreia s-a constatat o predominanță a unei anumite asimetrie (de exemplu, unul din unghiuri este mai mare decât celalalt la 60% din samare etc.)
- analiza corelațiilor între anumiți parametri care au o interpretare asemănătoare, de exemplu Ro^+ și Rox , λ și ω etc.
- analiza posibilității clasificării samarelor prin clusterizare, utilizând metoda Fuzzy K-Means, implementată în programul Matlab. S-a făcut clasificarea samarelor în două sau trei clustere, în funcție de perechile de parametri utilizați. Din graficele generate, se observă o delimitare clară a clusterelor respective, prin urmare, posibilitatea clasificării prin clusterizare.

➤ *Dezvoltarea și testarea unei metode de clasificare și regăsire a imaginilor în colecții de imagini de iriși,*

În cadrul acestui obiectiv au fost analizate metode bazate pe descriptori SURF/SIFT și trăsături de textură pentru clasificarea și regăsirea imaginilor conținând iriși. Au fost obținute următoarele rezultate:

- realizarea unor experimente, folosind colecțiile de imagini cu iriși UBIRIS și UPOL. Pentru UPOL s-au utilizat două colecții, una conținând imaginile segmentate automat, cealaltă, imaginile normalizate;
- generarea unor trăsături de textură, utilizând patru metode diferite, care au fost folosite în experimente de clasificare/regăsire;
- dezvoltarea unei metode proprii FIKEN, metodă prin care pentru o imagine dată se generează numărul de descriptori (*keypoints*) dorit, număr care este fie un număr fixat anterior, fie un număr dintr-un interval fixat;

- compararea rezultatelor obținute în experimente, utilizând metoda FIKEN, cu cele obținute anterior;
- dezvoltarea unei metode ce folosește textura, descriptori SURF/SIFT și compararea rezultatelor obținute în clasificare cu rezultatele anterioare; s-a evidențiat faptul că prin utilizarea metodei propuse se obțin rezultate superioare celor anterioare pentru toate experimentele realizate pe colecțiile de imagini utilizate.

➤ *Studiu privind segmentarea imaginilor scanate din vechile atlase lingvistice în vederea recuperării materialului dialectal.*

În cadrul acestui obiectiv, au fost obținute următoarele rezultate:

- o analiză a problemelor existente în realizarea unui sistem pentru digitalizarea automată a materialului dialectal publicat în vechile atlase lingvistice,
- a fost propusă o structură a unui sistem de OCR pentru digitalizarea materialului dialectal obținut prin scanarea atlaselor vechi, cu accent pe segmentarea imaginilor scanate.

Cercetările prezentate în raportul “ **Experimente privind analiza, clasificarea și analiza mișcării în imagini și secvențe video folosind metode ale inteligenței artificiale**” reprezintă continuări ale cercetărilor din prima jumătate a anului 2021 și au vizat următoarele obiective:

➤ *Experimente privind identificarea și urmărirea automată a corpului uman în secvențe video prin metode de învățare profundă.*

În cadrul acestui obiectiv, au fost obținute următoarele rezultate:

- A fost propusă o metodă pentru evaluarea nivelului de recuperare locomotorie prin analiza secvențelor video. Folosind o rețea VGGNet pre-antrenată folosind baza de date MPII Human Pose dataset sunt identificate punctele de control pentru construirea scheletului după care sunt evaluate unghiurile dintre segmentele piciorului și identificate posturile anormale ce indică existența unei stări patologice. Metoda propusă este în curs de dezvoltare cercetările fiind continuate și în cursul anului următor.
- Au fost analizate capacitățile unui set de senzori de presiune pentru monitorizarea dinamicii presiunii plantare într-un sistem purtabil potrivit pantofilor. Au fost luate în considerare elementele și ecuațiile de proiectare.
- A fost dezvoltată o metodă de analiză corelațională pentru detectarea automată a neregulilor mersului ca semn al instabilităților locomotiei și ale controlului neuro-muscular aferent. Analiza dinamică se bazează pe corelația locală a semnalelor de mers și este aplicabilă tuturor tipurilor de semnale achiziționate în timpul deplasării: semnale de presiune și parametri obținuți prin monitorizare video.

➤ *Depistarea stărilor de stres din analiza mișcării în experimente cu animale în captivitate, implementare și experimente.*

În cadrul acestui obiectiv au fost obținute următoarele rezultate:

- a fost realizată o optimizare a tehnicilor de sinteză a traiectoriei subiectului, pornind de la listele de poziții ale camerelor din proiect generate în cursul procedurii de detecție și urmărire;
- îmbunătățirea metodei de detecție a episoadelor de stres prin identificarea a patru noi categorii de stres.

Cercetările pentru acest obiectiv sunt încheiate temporar până la identificarea unor noi oportunități de cercetare în domeniu.

➤ *Analiză bază de date de samare, metrici pentru gradul de asimetrie*

În cadrul acestui obiectiv a fost continuat studiul detaliat asupra asimetriei imaginilor de samare. Principalele rezultate obținute în această etapă sunt:

- Am analizat în detaliu repartitia statistică a dimensiunilor (laturi, unghiuri) precum și a parametrilor descriptori ai asimetriei (miu, eta, lambda, omega, tau, k, PI13, Ro+, Rox), precum media și deviația standard.
- Am calculat în programul Matlab și s-au tabelat coeficienții de corelație pentru diverse perechi de parametri, pe toată baza de date existentă. Se constată că unii parametri sunt moderat sau puternic corelați (cu coeficientul 0.5 – 0.8), alții sunt slab corelați (0.1 – 0.2) sau corelați invers (cu coeficient de corelație negativ). S-au discutat și s-au interpretat aceste rezultate.
- Am realizat de asemenea și o clusterizare utilizând algoritmul Fuzzy k-Means, implementat în Matlab. Astfel, s-a realizat clasificarea samarelor în 4 clustere, după perechi de parametri cu semnificație asemănătoare, de exemplu (theta1, theta2), (lambda, omega), (miu, eta), (tau, k), (k, PI13), (Ro+, Rox) etc.
- Am constatat o grupare mai vizibilă a parametrilor asociați samarelor în 4 clustere, comparativ cu clasificarea în 2 sau 3 clustere, deci aceasta clusterizare poate fi considerată optimală, în raport cu dimensiunea bazei de date existentă. Astfel, se poate concluziona că samarele, ca forme naturale asimetrice, au o mare variabilitate a formei, care poate fi caracterizată prin parametrii descriptori respectivi și pot fi împărțite în clase ce corespund în general și unei clasificări subiective.

O direcție separată de studiu, inițiată și rezolvată într-o primă formă de H.N. Teodorescu, a fost utilizarea unei structuri de bază de imagini specific destinată aplicațiilor biologice și ecologice, anume *Morpho 1.11.0*, recomandată în literatură pentru asemenea aplicații. În această etapă s-au definit denumirea standard a fișierelor și metadatele.

➤ *Experimente de clasificare și regăsire a imaginilor în colecții de imagini color adnotate manual utilizând trăsături de textură și descriptori SURF.*

În cadrul acestui obiectiv, a fost îmbogățită colecția de imagini realizată în etapele precedente și adnotarea manuală a imaginilor noi adăugate și, de asemenea, au fost realizate unele experimente de clasificare și regăsire a imaginilor, utilizând trăsături de textură și descriptori SURF. Pentru aceasta, a fost adaptată și testată o nouă metodă de generare a descriptorilor SURF. Au fost obținute următoarele rezultate:

- achiziționarea și adnotarea manuală a unui număr de peste 500 imagini color din natură;
- proiectarea, implementarea și testarea unui algoritm (denumit FIKEN) care să genereze pentru o imagine un număr prestabilit de descriptori sau un număr de descriptori într-un interval stabilit;
- generarea, utilizând cinci metode diferite, a zece seturi de trăsături de textură pentru experimente de clasificare și regăsire a imaginilor; experimentele s-au realizat, folosind clasificatorul 1-NN și trei distanțe diferite;
- efectuarea unor experimente de clasificare și regăsire a imaginilor similare, utilizând descriptori SURF/SIFT pentru versiunea actuală a colecției de imagini. Au fost generate mai multe seturi de descriptori SURF/SIFT, generând un număr prestabilit de descriptori, utilizând metoda FIKEN;
- compararea rezultatelor obținute, utilizând descriptori SIFT cu cele obținute, folosind descriptori SURF.

➤ *Experimente pentru segmentarea automată a imaginilor scanate din vechile atlase lingvistice în vederea recuperării materialului dialectal.*

În cadrul acestui obiectiv, principale rezultate sunt:

- a fost propusă o structură a sistemului pentru digitalizarea automată materialului dialectal cu accent pe segmentarea imaginilor scanate.
- a fost implementată o versiune experimentală a sistemului pentru digitalizarea automată și au fost realizate experimente pe două tipuri de imagini cu procedura de segmentare utilizată pentru constituirea setului de antrenare al unui clasificator automat pentru simbolurile folosite în transcrierea fonetică.

Din cauza faptului că în cursul anului 2021 au fost vacanțate două posturi din cadrul colectivului, cercetările din cadrul acestui obiectiv vor fi pentru moment întrerupte.

Cercetările prezentate în cadrul raportului „*Tehnici avansate de analiză a imaginilor digitale și secvențelor video colonoscopice, bazate pe modele PDE neliniare și de învățare profundă*” au vizat realizarea următoarelor obiective:

➤ *Tehnici de analiză multiscalară și multirezoluție a imaginilor digitale.*

În cadrul acestui obiectiv, am propus patru tehnici de analiză multi-scalară a imaginilor. Prima tehnică realizează recunoașterea nesupervizată a texturilor, constând dintr-o extragere a trăsăturilor bazată pe o analiză multi-scalară, utilizând modele de difuzie anizotropică și o clusterizare automată a vectorilor de trăsături bazată pe grafuri de similaritate ponderate [1]. Cea de-a doua tehnică multi-scalară efectuează cu succes recunoașterea supervizată a texturilor orientate și este bazată pe un spațiu scalar creat prin intermediul unui model PDE neliniar și vectori de caracteristici bazate pe GLCM și filtre circular simetrice, obținuți la nivelul fiecărei scale și ulterior concatenați într-un vector invariant final [2]. Am propus și o tehnică de detecție automată, multi-scalară, a muchiilor din imagini, utilizând un nou model PDE de difuzie anizotropică neliniară de ordinul doi. Spațiul scalar al imaginii este obținut prin aplicarea unei aproximări numerice bazate pe metoda diferențelor finite a acestui model. Muchiile detectate la fiecare scală sunt combinate apoi, pornind de la cele mai fine și până la cele mai proeminente [3]. De asemenea, am propus o tehnică de diagnosticare a Covid-19 din radiografiile pulmonare prin analiza multi-scalară a acestora. Reprezentarea multi-scalară este obținută prin aplicarea unui algoritm de aproximare numerică ce calculează soluția unui model PDE de difuzie anizotropică neliniară. La fiecare scală sunt aplicate filtre circulare 2D și trăsăturile obținute sunt combinate într-un vector de trăsături final. Se aplică un clasificator binar cu un set de antrenare, pe un set de testare, rezultatul recunoașterii supervizate reprezentând diagnosticarea automată [4].

➤ *Recunoașterea polipilor în secvențe video colonoscopice prin metode de învățare profundă*

În cadrul acestui obiectiv, am propus am construit o bază de cadre colonoscopice extinsă, conținând 322.486 cadre care provin de la 19 colonoscopii. Toate aceste cadre au fost vizualizate individual și au fost selectate într-o primă fază un număr de 9.066 de cadre care prezintă “obiecte” de interes, cum ar fi polipi de

diverse tipuri, instrumente colonoscopice, jet de apă, zone sângerânde etc. În urma consultării cu experți în domeniul endoscopiei, am luat în considerare 6 clase de interes și au fost adnotate în sistem *PascalVOC* 1200 de cadre. Cu acestea s-a realizat reantrenarea unei noi rețele de tip deep learning pentru detectarea polipilor în cadrul secvențelor colonoscopice. Pe baza rezultatelor obținute până acum, am primit acceptul de publicare a unui capitol de carte la editura Springer [6] și a fost acceptată spre publicare lucrarea [7].

Cercetările prezentate în cadrul raportului „**Tehnici avansate de restaurare a imaginilor afectate de mixturi de zgomot și de segmentare semantică a secvențelor video**” au urmărit realizarea următoarelor obiective:

➤ *Tehnici de filtrare a zgomotului mixt din imaginile digitale, utilizând modele variaționale și de difuzie anizotropică neliniară.*

În cadrul acestui obiectiv, am propus o tehnică nouă de reducere a zgomotului mixt (de tip Poisson plus Gaussian) din imagini pe baza unui model neliniar de ecuații cu derivate parțiale (PDE) de ordinul patru. Modelul PDE a fost rezolvat numeric prin intermediul unei scheme stabile rapid convergentă de aproximare, bazată pe metoda diferențelor finite care și-a dovedit eficiența în testele efectuate [8]. O altă tehnică nouă, cu caracter variațional, pentru filtrarea zgomotului mixt Poisson-Gaussian, a fost propusă în [10]. Se pornește de la un model variațional bazat pe minimizarea unei funcționale energetice și se ajunge la un model neliniar anizotropic de ordinul doi. Acesta este la rândul său aproximat numeric prin intermediul diferențelor finite și se obține o filtrare eficientă a imaginilor afectate de acest zgomot mixt. Am realizat și o trecere în revistă a modelelor PDE existente pentru restaurarea imaginilor afectate de zgomot cuantic [9], fiind prezentate cele mai importante asemenea modele de filtrare precum și contribuțiile noastre în acest domeniu: o abordare variațională și câteva abordări nevariaționale.

➤ *Segmentarea semantică pe bază de învățare profundă a secvențelor video colonoscopice.*

În cadrul acestui obiectiv, am efectuat cercetări privind posibilitatea de a analiza imaginile, reprezentând cadre colonoscopice prin intermediul unei rețele de tip *Deep Learning*, reantrenată pentru a realiza segmentarea semantică a zonelor de interes. Segmentarea semantică presupune clasificarea fiecărui pixel din imagine, în cazul nostru fiind vorba de pixeli aparținând mucoasei intestinale, pixeli aparținând zonelor cu reziduuri și pixeli aparținând zonelor cu artefacte. Noutatea abordării noastre constă în crearea automată a fișierelor de adnotare necesare reantrenării unei rețele de învățare profundă, pe baza unor rezultate obținute de noi în anii anteriori cu metode clasice, care iau în considerare culoarea pixelilor. Prin reantrenarea unei rețele de tip *Deep Learning* în acest fel se obține o generalizare a gamei de culori ale pixelilor pentru fiecare zonă luată în considerare. Aceste rezultate noi obținute vor fi diseminate în curând în jurnale și volume de conferințe internaționale.

Cercetările prezentate în cadrul raportului „**Studiul selecției trăsăturilor în probleme de clasificare și de reducere a dimensionalității semnalelor**” au constat în realizarea următoarelor activități:

- Influența trăsăturilor în probleme de clasificare a semnalelor biomedicale (ECG, EEG).
- Metode de selecție a trăsăturilor.
- Studiul efectului selecției trăsăturilor în reducerea dimensionalității semnalelor.
- Analiza oportunității reducerii dimensionalității în mai multe etape.
- Analiza comparativă a rezultatelor pe diferite baze de date.
- Studiul unor structuri de tip rețea neurală celulară neomogenă cu dinamică hiper-chaotică, cu arhitecturi diferite și conexiuni extinse între neuronii vecini, pentru investigarea efectului asupra transmiterii semnalelor biomedicale.

În cadrul cercetărilor din această etapă, s-au analizat aspecte importante care apar în cazul selecției trăsăturilor pentru probleme de clasificare, și anume, influența trăsăturilor alese pentru clasificare, metoda selecției acestor trăsături, efectul pe care îl au trăsăturile alese în rezultatele de clasificare și, nu în ultimul rând o analiză a acestor aspecte enumerate pe mai multe baze de date pentru a vedea dacă baza de date folosită are influență în rezultatele de clasificare.

Pentru selecția trăsăturilor, s-a analizat o metodă relativ nouă de selecție bazată pe aranjarea globală și locală a datelor, și anume, *Scorul Laplacean*. Pentru o analiză amănunțită cu privire la sensibilitatea și fezabilitatea Scorului Laplacean în selecția trăsăturilor, s-au testat cu mai mulți clasificatori și mai multe baze de date. Astfel s-a analizat importanța numărului de trăsături în clasificarea semnalelor medicale de tip ECG. S-au folosit două baze de date, și anume:

- Prima bază de date, alcătuită din segmente ECG care reprezintă bătăi cardiace și în care patternurile

reprezintă eșantioanele ECG. Fiecare bătaie cardiacă este clasificată în una din 8 clase; cele 8 clase sunt echilibrate ca și număr în alcătuirea bazei de date.

- A doua bază de date, în care patternurile reprezintă trăsături extrase din semnale ECG culese pe 12 canale, și în care fiecare canal contribuie cu aceleași trăsături însă cu valori numerice diferite; sunt 13 clase, și este clasificat semnalul ECG al pacientului. Cele 13 clase sunt puternic nebalansate ca și proporție în alcătuirea bazei de date.

Am constatat rezultate similar atât cu rețele neuronale cât și alți clasificatori testați disponibili în *App Classifications Learner* din mediul Matlab. Se constată că în afară de rețele neuronale, cele mai bune rezultate de clasificare se obțin cu clasificatorii de tip mașini cu suport vectorial (SVM). Însă cu toți clasificatorii testați se obține aceeași tendință, indiferent dacă se obțin rezultate mai bune sau nu. De asemenea, am observat că se poate reduce numărul trăsăturilor utilizate în clasificare cu păstrarea ratelor de clasificare sau chiar cu îmbunătățirea acestora. Astfel, pentru prima bază de date se poate reduce de 12 ori numărul eșantioanelor cu o foarte mică scădere a ratei de clasificare, de la 95,8% pentru 301 eșantioane la 91,6% pentru 25 de eșantioane. Pentru a doua bază de date, se poate reduce numărul trăsăturilor de la 279 la 150 cu îmbunătățirea ratei de clasificare de la 80,5% la 85,1%.

O altă problemă asupra căreia s-a insistat în analiza noastră a fost influența bazei de date în probleme de clasificare multclasă. Problema de clasificare a distribuțiilor de clase foarte dezechilibrate în seturile de date, poate reprezenta o provocare semnificativă pentru domeniul extragerii de cunoștințe din date (data mining) și învățării automată. Seturile de date de dezechilibrate degradează performanța, acuratețea generală și deciziile de clasificare, sunt adesea părtinitoare spre clasa negativă care duce la clasificarea greșită a probelor de clasă pozitivă pe care le tratează ca pe un zgomot. În multe aplicații, instanțele inferioare ale unei clase sunt relativ mai importante și mai interesante.

Chiar dacă medicul este întotdeauna cel care formulează diagnosticul, de foarte multe ori echipamentul medical folosește un software care urmărește să-l ajute pe acesta în luarea deciziei sale pe baza statisticilor computerizate și a rezultatelor clasificării. Acesta este motivul pentru care clasificarea semnalelor și a datelor, inclusiv ECG, rămâne o problemă deschisă. Motivele menționate anterior sunt cele care au stat la baza unei analize amănunțite asupra cazului în care datele conțin câteva exemple dintr-una sau mai multe clase în care ar trebui acordată o atenție specială, clasele care conțin bătaii patologice care ar trebui clasificate corect. S-au investigat rezultatele obținute în cazul clasificării, utilizând două cazuri diferite de baze de date, și anume:

- o bază de date formată din segmente de bătaii cardiace care conțin câte 8 clase fiecare cu 700 de exemple cu o rată de clasificare de 93,9%, care a fost în continuare îmbunătățită semnificativ;
- o bază de date cu caracteristici extrase din semnale ECG, dar foarte dezechilibrată din punct de vedere al repartiției clasei. Conține 452 de exemple cu 13 clase, una majoritară cu 245 de exemple, celelalte având mult mai puține exemple (de la 50 la doar 2). În această bază de date, rezultatele clasificării sunt inițial de 59%

În ambele cazuri, am urmărit îmbunătățirea rezultatelor clasificării prin creșterea artificială a numărului de exemple pentru instruire. Această tehnică a condus imediat la o îmbunătățire în primul caz (clase echilibrate). Pentru a doua bază de date, am crescut numărul de exemple în principal în clasele cu mai puține elemente. Pentru aceasta, am testat două metode, una prin adăugarea de zgomot și cealaltă folosind un operator crossover.

Pentru ambele seturi de date, prin creșterea seturilor de instruire s-au obținut următoarele rezultate:

- pentru prima bază de date, de la 93.9% am ajuns la 98.2% și
- pentru a doua bază de date, de la 59% am obținut 92.9% sau chiar 99.1%, în funcție de metodele de instruire și testare care au fost utilizate.

Rezultatele arată cantitativ modul în care exemplele de clasă repartiția setului de instruire influențează rezultatele clasificării. Numărul și natura caracteristicilor pentru această clasificare vor fi luate în considerare pentru investigații ulterioare.

În cadrul analizei unor structuri de tip rețea neurală celulară neomogenă cu dinamică hiper-haotică, cu arhitecturi diferite și conexiuni extinse între neuronii vecini, pentru investigarea efectului asupra transmiterii semnalelor biomedicale, cercetarea a vizat o rețea neurală analogică, construită în jurul unor neuroni histeretici. Arhitectura rețelei neuronale, referind un ordin mare al sistemului neliniar analogic, cât și comportarea haotică a neuronilor, au condus la dinamica hiperhaotică a sistemului. S-a demonstrat caracterul disipativ, atât pentru fiecare neuron din structura, cât și pentru rețea ca ansamblu. Simulările au fost realizate pe o rețea compusă din 5 neuroni. S-au ilustrat sensibilitatea la condițiile initiale și la variația valorilor parametrilor. Utilizarea unor parametri diferiți pentru fiecare neuron a produs o rețea neomogenă, ce a redus

suplimentar posibilitatea de identificare a comportării sale. S-a verificat prin simulări adecvate tranzitivitatea topologică a sistemului proiectat. Rezultatele de simulare confirmă complexitatea dinamicii neliniare a rețelei neurale și evidențiază performanțele sistemului. Histogramele distribuției valorilor variabilelor de stare au demonstrat o dinamică bogată în domeniul $[-0.2, 0.5]$ pentru variabilele x, y și z și respectiv $[-5, 13]$ pentru v . Statistica de ordin 2, ilustrată prin densitatea spectrală de putere a scos în evidență o distribuție joasă de putere pentru frecvențe joase, sub 1 Hz, ceea ce argumentează performanțele sporite ale rețelelor neurale neomogene de acest tip pentru generarea de semnal nepredictibil, de tip zgomot.

Posibilele aplicații ale acestei rețele sunt cele uzuale sistemelor haotice, cum sunt: generarea de zgomot și semnal cu spectru împrăștiat, criptare și transmisia criptată a semnalelor electrofiziologice sau imaginilor biomedicale sau din alte domenii.

Cercetările prezentate în cadrul raportului „**Influența parametrilor tehnicilor de reducere a dimensionalității**” au abordat următoarele activități:

- Utilizarea diferitelor tipuri de distanțe și ponderi în definirea vecinătăților în algoritmi de reducere a dimensionalității.
- Utilizarea unor produse scalare cu pondere în definirea distanțelor pentru algoritmi de reducerea a dimensionalității.
- Analiza comparativă a rezultatelor pe diferite baze de date.
- Investigarea oportunității utilizării unor rețele neuronale cu arhitecturi speciale (graf, graf-convolutionale), în clasificarea semnalelor biomedicale.
- Analiza dinamicii sistemelor neuronale hiper-haotice utilizate pentru transmiterea semnalelor biomedicale, în contextul deseperecherii parametrilor sub-sistemelor componente.
- Evidențierea influenței variației topologiei și valorilor elementelor matricei sinaptice a sistemelor generatoare de haos, menționate mai sus.
- Studiarea preciziei modelului implementării celulare neomogene și a imperfecțiunilor caracteristicilor neliniare ale sistemului hiper-haotic.

În cadrul cercetărilor, s-a analizat posibilitatea utilizării diferiților algoritmi, tipuri de distanțe și a produsului ponderat în reducerea dimensionalității semnalelor. Principalele tipuri de semnale analizate au fost cele biomedicale de tip ECG și EEG și a algoritmilor de tip *Laplacean Eigenmaps*, *Locality Preserving Projections* și *Compressed Sensed*. Pentru evaluarea performanțelor de reducere a dimensionalității și a păstrării aranjării la nivel local sau global al datelor, s-a folosit clasificarea semnalelor în spațiul inițial și în spațiul redus. Pentru clasificare, s-au testat mai mulți clasificatori clasici, standard, partea efectivă de cercetare păstrându-se la nivel de reducere a dimensionalității, accentul nefiind pe partea de noutate în ceea ce privește clasificarea noilor semnale.

Cele mai bune rezultate au fost obținute cu SVM și KNN, în timp ce pentru dimensiuni reduse (2 sau 3), cele mai bune rezultate au fost obținute cu LE, cu dezavantajul că calculele ar trebui repetate pentru orice semnal nou. De asemenea, s-a constatat că, în cazul CS pentru mai mult de 10 dimensiuni, rata de clasificare este aproape de cea obținută în spațiul original. S-au obținut rezultate similare ale ratelor de clasificare pentru reducerea dimensionalității mai mare de 10 cu LPP pentru care avantajul pentru noul semnal de testare este că nu sunt necesare noi calcule. În ceea ce privește CS, este cel mai avantajos din punct de vedere al calculului în comparație cu LE și LPP, care este mult mai scump din punct de vedere al calculului.

Pentru semnalele EEG, algoritmi CS și LE au condus la rezultate similare cu cele obținute pentru semnalele ECG. Diferența majoră care apare în cazul semnalelor EEG este pentru algoritmul LPP. Acest lucru duce la rezultate mult mai slabe în reducerea dimensionalității semnalelor. Pentru a explica aceste rezultate, propunem două ipoteze. Prima ipoteză este că algoritmul LPP nu poate găsi proiecții optime universale pentru toate cele 8 canale. A doua ipoteză este că, în cazul semnalelor EEG, datele sunt localizate pe un distribuitor, iar algoritmul LPP nu reușește să capteze structura locală și, în același timp, generală a distribuitorului, situație întâlnită, de exemplu, în distribuitorul Swiss Roll caz.

Principalele concluzii vizează modul în care algoritmi de reducere a dimensionalității și de clasificare pot fi combinați pentru a obține rezultate rezonabile de clasificare chiar și pentru dimensiuni (foarte) mici atât pentru ECG, cât și pentru o clasă de semnale EEG. Alegerea ratei de reducere a dimensionalității depinde de motivația analizei. Astfel, dacă intenționăm să reconstituim semnalul inițial, vom adopta CS, dacă dorim intuiție pentru 2 sau 3 D vom alege LE în timp ce dacă dorim să reducem dimensionalitatea de aproximativ zece - doisprezece ori și să facem clasificare în spațiul redus fără re-calcule pentru semnale noi, vom folosi LPP. Cu toate acestea, se pare că LPP nu se potrivește prea bine structurii globale pentru

semnalele EEG, astfel încât între LPP și LE a doua este mai bună.

Investigarea oportunității utilizării unor rețele neuronale cu arhitecturi speciale (graf, graf-convolutionale) în clasificarea semnalelor biomedicale. În cadrul acestei activități au fost investigate o serie de aspecte noi privind formarea pattern-urilor într-o clasă de rețele constând din celule identice plasate în nodurile unui graf nedirecțional cu semn. Abordarea utilizează descompunerea spectrală a variabilelor nodale și decuplarea modurilor, precum și metoda locului rădăcinilor, făcându-se conexiuni cu modelele Turing, consens și sincronizarea oscilatoarelor. Ca și în cazul modelelor Turing, pentru celule identice și șabloane omogene care conectează celulele, modurile spațiale pot fi decuplate și pot fi obținute soluții analitice, desigur valabile pentru cazul liniar. În esență, tehnica constă într-o schimbare de variabilă, noile variabile fiind amplitudinile componentelor modurilor spațiale (ortogonale) ale tensiunilor nodurilor.

Scopul analizei efectuate a fost extinderea în continuare a rezultatelor raportate anterior în legătură cu condiția inițială de „însămânțare” a modurilor spațiale, efectul ponderilor negative și decuplarea modurilor. Astfel, „personalitatea” rețelei se realizează, pe de o parte, prin structura admitanțelor Y (toate identice) și, pe de altă parte, pe structura grafică reprezentată de ponderile care descriu interacțiunea nodurilor. Cel mai simplu caz pentru tratarea dinamicii sistemului corespunde situației în care variabilele nodale sunt și variabile de stare (ca și în cazul condensatoarelor). În acest caz, obținerea unui sistem decuplat de ecuații în spectrele tensiunilor nodale este mai simplă și a fost utilizată în analize anterioare. Aici considerăm cel mai general caz în care condițiile inițiale nu mai corespund tensiunilor nodale. Ideea principală pentru a rezolva astfel de cazuri este de a folosi descompunerea spectrală și pentru condițiile inițiale și de a considera sursele de curent echivalente drept combinații ale spectrelor condițiilor inițiale. În acest caz a fost posibilă separarea între natura celulei și „personalitatea” grafului rezistiv, instabilitatea putând apărea fie datorită admitanței (non real pozitive), fie datorită grilei rezistive (ponderi non-pozitive) - sau ambelor.

Un al doilea rezultat remarcabil este bazat pe observația că dinamica fiecărei amplitudini spectrale este guvernată de rădăcinile ecuației caracteristice a fiecărui mod, adică, $Q(s) + \lambda_m P(s) = 0$. Această relație a permis, pe de o parte, determinarea modurilor spațiale (grafice) stabile și instabile și, pe de altă parte, sugerează utilizarea metodelor clasice ale locului rădăcinilor pentru a determina intuitiv locul rădăcinilor modurilor în planul complex utilizând aceeași tehnică / reguli ca pentru un sistem de buclă deschisă cu funcție de transfer $P(s) / Q(s)$. Importanța acestor două observații este că avem o relație între valorile proprii ale grafului rezistiv pur și dinamica modurilor corespunzătoare. În cel mai general caz, ne putem imagina moduri grafice care sunt stabile, parțial instabile și total instabile în funcție de faptul că toate rădăcinile ecuației caracteristice modului sunt în jumătatea complexă stângă, unele rădăcini sunt în jumătatea dreaptă a planului și toate rădăcinile sunt respectiv în jumătatea dreaptă a planului complex.

În cadrul ultimelor trei activități, a fost investigată dinamica unei rețele neuronale analogice construită cu neuroni histeretici. S-au folosit neuroni de ordin 4 cu neliniaritate histeretică de tip Trigger Schmitt. S-a testat o rețea neuronală cu 5 astfel de neuroni cu topologie celulară. Sistemul rezultat are ordinul 20. Ordinul mare al rețelei și comportarea haotică a fiecărui neuron a condus la o dinamică hiperhaotică a sistemului ansamblu. Folosirea unor parametri diferiți pentru fiecare neuron face ca structura neomogenă să reducă și mai mult, față de structurile haotice studiate anterior, posibilitatea identificării comportării sistemului, recomandându-l pentru aplicații complexe de măsurare, procesare, modulare și criptare. Dintre aplicațiile posibile a fost studiată cea a transmiterii securizate a semnalelor medicale unidimensionale de tip ECG și EEG. S-a analizat sincronizarea sistemelor hiperhaotice aplicate în comunicații securizate. Performanțele perechii emitor-receptor rezultate sunt prezentate atât din punct de vedere dinamic cât și static. Sincronizarea receptorului s-a proiectat folosind metoda partiționării emitorului. Aplicațiile biomedicale sunt analizate pe baza simulărilor efectuate. Acestea au confirmat complexitatea dinamicii neliniare și au evidențiat performanțele sistemului.

S-a demonstrat matematic caracterul disipativ al fiecărui neuron și al rețelei în ansamblu. Sensibilitatea la condițiile inițiale și variația parametrilor, ca și tranzitivitatea topologică a sistemului rezultat au fost de asemenea verificate și prin simulări. Atât sincronizarea cât și modularea semnalului extern au dovedit o funcționare corectă. Semnalele unidimensionale biomedicale au fost transmise fără erori după stigerea tranziției de sincronizare.

Proiect de cercetare nr. 3 - Evoluția resurselor în sistemele dinamice discrete

Coordonator: **CS I Gabriel Ciobanu**

Rapoarte de cercetare

1. Modelări discrete în sisteme dinamice complexe.
Autori: G. Ciobanu, B. Aman, A. Andrei, 15.06.2021
2. Estimarea resurselor în sisteme dinamice discrete.
Autori: G. Ciobanu, B. Aman, A. Andrei, 31.12.2021

Lista publicațiilor:

1. A. Alexandru. Properties of Finitely Supported Self-Mappings on the Finite Powerset of Atoms, *Computer Science Journal of Moldova*, Vol. 29 (1), pp. 41-58, 2021. Institutul de Matematică și Informatică „Vladimir Andrunachievici”, Moldova, ISSN 1561–4042; WOS:000637090500003.
2. A. Alexandru and G. Ciobanu. Essentials of Finitely supported Structures, *Bulletin of the European Association for Theoretical Computer Science*, No. 133, pp. 95-109, 2021. WOS: 000620692700005.
3. B. Aman and G. Ciobanu. Spiking Neural P Systems with Astrocytes Producing Calcium, *International Journal of Neural Systems*, Vol. 30(12), 2050066:1-2050066:16 (Dec 2020) (**FI – 5.604, zona roșie JCR**), WOS:000599927100010.
4. B. Aman and G. Ciobanu. Reversible Computation în Nature Inspired Rule-Based Systems, *Journal of Membrane Computing*, Vol. 2(4), pp. 246-254 (Dec 2020, to appear în WoS).
5. G. Ciobanu. What does P mean în Natural Computing? *International Journal of Computers, Communications & Control*, Vol. 15(6), dec.2020, WOS:000592697100010.
6. B. Aman and G. Ciobanu. Arithmetic Abilities of the Living Cell Pumps. 2020 *International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB)*, 2020, pp.1-4, IEEE (indexed by IEEEExplore – *postproceedings*, to appear în WoS).
7. G. Ciobanu and E.N. Todoran. A Study of Multiparty Interactions în Continuation Semantics. 2020 *22nd Int'l Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC)*, pp.117-124, IEEE (indexed by IEEEExplore – *postproceedings*, to appear în WoS).
8. A. Alexandru. Finitely Supported Structures: A Framework for Computing within Infinite Structures. În: I. Titchiev, C. Gaindric (Eds.) *Proceedings of Workshop on Intelligent Information Systems, WIIS2020*, December 04-05, 2020, Chisinau, Republic of Moldova, pg. 3–15 ISBN 978-9975-68-415-6 (invited talk).
9. A. Alexandru. Finitely Supported Mappings Defined on the Finite Powerset of Atoms. *The Sixth International Conference on Mathematical Foundations of Informatics*, Kyiv, 13- 15 January 2021, pp. 5–20.
10. A. Alexandru and G. Ciobanu. Properties of Finitely Supported Binary Relations between Atomic Sets. *The Sixth International Conference on Mathematical Foundations of Informatics*, Kyiv, 13-15 January 2021, pp.20–35.
11. A. Alexandru and G. Ciobanu. Book Presentation by the authors “Foundations of Finitely Supported Structures: A Set Theoretical Viewpoint, Springer,” *Bulletin of the International Membrane Computing Society*, Number 10, pp. 47-53, December 2020.
12. Andrei Alexandru and Gabriel Ciobanu. Fuzzy Results for Finitely Supported Structures, *Mathematics*, Vol. 9, No. 14, 1651, pp. 1–23 (2021). MDPI, Basel, Switzerland (**FI=2,258, zona roșie/Q1 JCR MATHEMATICS**).
13. Bogdan Aman and Gabriel Ciobanu. Type Inference for Hierarchical Multiset Structures în Rule-based Systems, *Information Sciences*, Vol. 580, pp. 673-683 (2021). Elsevier (**FI = 6.795, zona roșie/Q1 JCR COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS**) - to appear în WoS).
14. Bogdan Aman and Gabriel Ciobanu. Travelling Salesman Problem în Tissue P Systems with Costs, *Journal of Membrane Computing*, Vol. 3(2), pp. 97-104 (2021). Springer.
15. Bogdan Aman and Gabriel Ciobanu. Computational Power of Astrocytes and their Role în Neurobiology. 2021 *International Conference on e-Health and Bioengineering (EHB 2021)*, IEEE (indexed by IEEEExplore – *postproceedings*, to appear în WoS).
16. Gabriel Ciobanu and G. Michele Pinna. Memory Associated with Membranes Systems. *Journal of Membrane Computing*, Vol. 3(2), pp. 116-132 (2021). Springer.
17. Gabriel Ciobanu and Andrei Alexandru. Choice Principles and Infinities for Finitely Supported Structures, *Logic Seminar, Research Center for Logic, Optimization and Security (LOS)*, FMI, UB, IMAR, 2021.
18. Bogdan Aman. Evolution Strategies în Membrane Computing. *Proceedings of ICMC 2021, International Conference on Membrane Computing*. Edited by Gy. Vaszil, C. Zandron, and G. Zhang. University of Debrecen, pp. 69 - 83, 2021.
19. Bogdan Aman. Solutions to SAT, Threshold-SAT and Unique-SAT în Synchronized P Systems. *International Conference on Membrane Computing (ICMC 2021)*, Chengdu, China and Debrecen, Hungary, 2021, pp. 69–84, 2021.
20. Gabriel Ciobanu and Eneia N. Todoran, Spiking Neural P Systems and Their Semantics în Haskell. *International Conference on Membrane Computing (ICMC 2021)*, Chengdu, China and Debrecen, Hungary, 2021, pp. 128–145,

2021.

21. Andrei Alexandru and Gabriel Ciobanu. Binary Relations în FSM, “Zilele Academice Ieșene” - Ediția a XXXV-a, *Simpozionul “Sisteme Inteligente și Aplicații”*, Octombrie 2021.
22. Bogdan Aman and Gabriel Ciobanu. Utilizarea Costurilor pentru Agenți Mobili cu Timp, “Zilele Academice Ieșene” - Ediția a XXXV-a, *Simpozionul “Sisteme Inteligente și Aplicații”*, Octombrie 2021

Cercetările din această etapă, „**Modelări discrete în sistemele dinamice complexe**” au constatat în abordarea următoarelor aspecte:

1. Extinderi cantitative ale formalismelor existente legate de dinamica sistemelor discrete:
 - descrierea și studierea P sistemelor neuronale cu trimiteri de semnale (spikes) înzestrate cu astrocite care produc și consumă calciu [3];
 - studierea calculului reversibil în sistemele bazate pe reguli inspirate de funcționarea celulelor vii [4];
 - studierea abilităților aritmetice ale pompelor de ioni a celulelor vii [6];
 - definirea de semantici denotaționale și operaționale pentru două calcule de procese bazate pe CCS [7];
 - motivarea numelui „P sisteme” prin evidențierea contribuției Academicianului Gheorghe Păun în definirea și dezvoltarea calculului membranal [5];
2. Utilizarea teoriei mulțimilor finit suportate pentru modelarea discretă a structurilor infinite:
 - prezentarea unor proprietăți de finititudine și punct fix ale funcțiilor finit suportate definite pe mulțimea părților mulțimii tuturor atomilor [1] și [9];
 - prezentarea unei abordări „set-theoretical” pentru fundamentele teoriei structurilor atomice finit suportate, cadru de lucru care ne permite să oferim o reprezentare discretă/computabilă a structurilor infinite [2];
 - demonstrarea unor proprietăți combinatoriale ale relațiilor binare finit suportate
 - definite între mulțimi atomice infinite [10];
 - studierea formelor de alegere, a noțiunilor de cardinalitate și infinititudine în universul structurilor finit suportate [8];
 - prezentarea cărții publicate de membrii colectivului nostru la editura Springer în anul 2020 [11].

Teoria structurilor algebrice finit suportate reprezintă o reformulare a teoriei mulțimilor Zermelo-Fraenkel în care fiecare structură clasică non-atomică este înlocuită de o structură atomică finit suportată în raport cu acțiunea unui grup de permutări ale unor elemente de bază numite atomi. Această teorie oferă o modalitate de reprezentare a structurilor infinite într-o manieră discretă, folosind doar un număr finit de caracteristici. În lucrarea [1] am prezentat câteva proprietăți de finititudine și punct fix ale funcțiilor finit suportate definite pe mulțimea părților mulțimii tuturor atomilor. Am arătat că respectivele funcții au o infinitate de puncte fixe ce pot fi precis determinate (într-o manieră constructivă) atunci când satisfac o serie de condiții adiționale precum injectivitate, surjectivitate, monotonie sau progresivitate. De asemenea, am arătat că, în cazul funcțiilor finit suportate definite pe mulțimea părților tuturor atomilor cu valori în mulțimea părților tuturor atomilor, injectivitatea este echivalentă cu surjectivitatea.

În lucrarea [2] am prezentat o abordare „set-theoretical” pentru fundamentele teoriei structurilor atomice finit suportate, cadru de lucru care ne permite să oferim o reprezentare discretă/computabilă a structurilor infinite. Am analizat, la nivel meta-teoretic, dacă un rezultat clasic poate fi reformulat în mod adecvat prin înlocuirea conceptului „structură non-atomică” cu „structură atomică, finit suportată”. De asemenea, am prezentat mai multe proprietăți de finitudine, de cardinalitate, de conectivitate, de punctul fix, de infinitate, de uniformitatea a structurilor atomice finit suportate, în particular proprietăți care nu au corespondent non-atomic. Am descris mulțimile parțial ordonate finit suportate prezentând validitatea în noul cadru a mai multor teoreme clasice de punct fix din cadrul teoriei mulțimilor Zermelo-Fraenkel. Aplicațiile teoremelor de punct fix sunt subliniate prin prezentarea câtorva exemple de structuri ordonate finit suportate pentru care aceste teoreme pot fi utilizate: spre exemplu, menționăm mulțimile L -fuzzy finit suportate peste un univers de discurs infinit și subgrupurile (fuzzy) finit suportate ale unui grup infinit dar finit suportat. De asemenea, am introdus și comparat mai multe definiții neechivalente, două câte două, pentru noțiunea de „infinit”. Lucrarea se bazează pe cartea despre fundamentele structurilor finit suportate publicată de Andrei Alexandru și Gabriel Ciobanu la editura Springer în 2020.

Astrocitele sunt celule care joacă un rol esențial în funcționarea și interacțiunea neuronilor hrănind neuronii respectivi cu ioni de calciu. Inspirându-ne din această relație bidirecțională în care astrocitele influențează și sunt influențate de neuroni prin intermediul ionilor de calciu, în lucrarea [3] am definit și studiat P sistemele neuronale cu trimiteri de semnale (spikes) înzestrate cu astrocite care produc și consumă calciu. În noul formalism condiția de comunicare prin impulsuri electrice (spiking) nu depinde doar de semnalele colectate într-un neuron, ci și de unitățile de calciu primite de la astrocite. Din perspectivă topologică, noua variantă este prezentată ca un graf direct în care sinapsele leagă fie astrocite cu astrocite,

neuroni cu neuroni, ori astrocite cu neuroni și invers. Puterea de calcul a P sistemelor neuronale cu trimiteri de semnale (spikes) înzestrate cu astrocite este studiată; am demonstrat că aceste sisteme ce folosesc un număr limitat de reguli sunt Turing universale atât ca dispozitive de generare a numerelor, cât și de acceptare a numerelor. Am demonstrat de asemenea că formele normale, obținute prin eliminarea regulilor de uitare și a întârzierilor, păstrează puterea de calcul.

Deoarece reversibilitatea este o proprietate inerentă a multor fenomene naturale, are sens să investigăm reversibilitatea în calculul natural. În [4] am studiat calculul reversibil în sistemele bazate pe reguli de rescriere inspirate de funcționarea celulelor vii. Astfel, am considerat sistemele care funcționează cu reguli peste multiseturi de obiecte și care evoluează într-o manieră maximal paralelă. După ce am definit ce înseamnă reversibilitatea în aceste sisteme, am studiat proprietățile care sunt complet reversibile. Unele proprietăți specifice pentru calcul reversibil au fost prezentate.

Lucrarea [5] este dedicată aniversării vârstei de 70 de ani a Academicianului Gheorghe Păun. În aceasta lucrare am prezentat calculul membranar ca o subdiviziune a calculului natural, și am evidențiat activitatea academicianului Păun în acest domeniu de cercetare, justificând denumirea de P sisteme (P provine de la Păun).

În lucrarea [6] am evidențiat abilitățile aritmetice ale pompelor de ioni ale celulelor vii prezentând un model abstract pentru operațiuni aritmetice de bază precum adunare, scădere, multiplicare și diviziune. Verificarea faptului că aceste operații aritmetice funcționează corect se face prin furnizarea unei implementări software care permite simularea modului în care pompele celulare fac aritmetică.

În lucrarea [7] am utilizat metodologia matematică a semanticilor metrice pentru a construi semantici operaționale și denotaționale pentru două calcule de procese recent investigate în literatură, bazate pe CCS (calculul sistemelor de comunicare introdus de Robin Milner). Am demonstrat că modelele denotaționale prezentate sunt slab abstracte în raport cu modelele operaționale corespunzătoare.

În lucrarea [8] am prezentat maniera în care structurile finit suportate pot asigura o reprezentare precisă a structurilor algebrice infinite. Am analizat consistența diferitelor forme de alegere și a rezultatelor conexe, reușind să eliminăm paradoxuri precum paradoxul Banach-Tarski. Am introdus și studiat noțiunea de „cardinalitate” prin prezentarea diferitelor proprietăți de ordine și aritmetice ale cardinalilor mulțimilor finit suportate. De asemenea am studiat lățile și alte mulțimi parțial ordonate împreună cu o serie de proprietăți de punct fix. Mai multe definiții neechivalente, două câte două, pentru noțiunea de „infini” (infiniul Dedekind, infinitul Mostowski, infinitul Kuratowski, infinitul Tarski, infinitul Levy, infinitul ascendent, etc) sunt studiate în noul cadru. Sunt furnizate exemple relevante de mulțimi care satisfac unele forme de infinit în timp ce nu satisfac altele. Sunt introduse mulțimile uniform suportate și sunt prezentate anumite proprietăți care ne permit să reprezentăm discret exponențialele cardinalilor infinite. Mulțimile uniform suportate sunt de interes deoarece implică proprietăți de mărginire a suporturilor, ceea ce înseamnă că suportul fiecărui element dintr-o mulțime uniform suportată este conținut în același set finit de atomi; în acest fel, toți indivizii dintr-o familie infinită uniform suportată pot fi caracterizați prin implicarea doar a acelorași caracteristici.

În lucrarea [9] am dovedit o serie de proprietăți de punct fix, calculabilitate și Dedekind-finititudine pentru funcțiile finit suportate definite pe mulțimea părților mulțimii tuturor atomilor din Matematica Finit Suportată (FSM).

În lucrarea [10] am introdus noțiunea de cardinalitate atomică și am prezentat o serie de proprietăți combinatoriale ale relațiilor binare finit suportate definite între mulțimi atomice infinite precum A_n (mulțimea n -tupelor finite, injective de atomi) sau $wpm(A)$ (mulțimea tuturor submulțimilor de atomi de dimensiune m). Am dovedit faptul că familia tuturor relațiilor binare între aceste mulțimi atomice nu conține nicio submulțime infinită uniform suportată.

Lucrarea [11] reprezintă o scurtă prezentare (invited book review) a cărții „Foundations of Finitely Supported Structures: A set theoretical viewpoint” publicată de Andrei Alexandru și Gabriel Ciobanu la editura Springer în anul 2020.

Ținând cont de realizări, putem spune că activitatea de cercetare din cadrul raportului „Modelări discrete în sistemele dinamice complexe” a fost bogată, iar obiectivele proiectului de cercetare au fost îndeplinite în totalitate (100%).

Cercetările prezentate în cadrul raportului „*Estimarea resurselor în sisteme dinamice discrete*” au constat în abordarea următoarelor aspecte:

1. Studiul mulțimilor uniform suportate în structuri finit suportate:

- prezentarea unor proprietăți fuzzy ale mulțimilor finit suportate și ale mulțimilor uniform suportate [12];
- studierea și compararea unor forme non-echivalente două câte două de infinit pentru structurile finit

suportate [17];

- prezentarea unor proprietăți de finititudine pentru relațiile binare finit suportate definite pe mulțimi atomice infinite [21].

2. Dinamica interacțiunilor în sistemele dinamice complexe:

- definirea și studierea deducerii tipurilor pentru structurile ierarhice cu multiseturi de obiecte [13];
- definirea și studierea sistemelor membranare de tip țesut cu costuri, precum și implementarea lor în sistemul de rescriere Maude [L3];
- studierea puterii de calcul a unei clase de sisteme membranare neuronale [15];
- studierea noțiunii de memorie asociate cu sistemele membranare [16];
- studierea strategiilor de evoluție în sisteme cu membrane mobile [18];
- studierea eficienței sistemelor membranare cu sincronizare a regulilor [19];
- exprimarea sistemelor membranare neuronale cu trimiteri de semnale (spikes) prin utilizarea limbajului de programare Haskell [20];
- definirea și studierea agenților mobili cu costuri și a legăturii lor cu automatele cu timp și ponderi [22].

În lucrarea [12] prezentăm o sinteză a unor rezultate publicate recent de către autori cu privire la aspectele fuzzy ale structurilor finit suportate. Având în vedere noțiunea de suport finit, introducem un nou grad de asociere a apartenenței între o mulțime clasică și o funcție finit suportată ce modelează un grad de apartenență pentru fiecare element din mulțimea clasică. Definim și studiem noțiunile de mulțime invariantă, latice completă invariantă, monoid invariant și mulțime inductivă invariantă. Subgrupurile (fuzzy) finit suportate ale unui grup invariant, precum și mulțimile L-fuzzy pe o mulțime invariantă (L fiind o latice completă invariantă) formează latice complete invariante. Prezentăm câteva rezultate de punct fix (în special unele extensii ale teoremei clasice Tarski, o teoremă de tip Bourbaki – Witt sau o teoremă de tip Tarski – Kantorovitch) pentru auto-funcții finit suportate definite pe latice complete invariante sau pe mulțimi inductive invariante; aceste rezultate oferă, de asemenea, noi proprietăți de finititudine ale unor mulțimi fuzzy infinite. Arătăm că o serie de mulțimi aparent mari nu conțin submulțimi infinite uniform suportate, și deci sunt mulțimi inductive puternice invariante care satisfac proprietăți de finititudine și punct fix.

În lucrarea [13] am studiat evoluția resurselor în sisteme de rescriere multiset prin definirea unui sistem de tipuri ce impune limite pentru resursele prezente în sistem. Dinamica sistemelor este definită folosind o semantică operațională care asigură evoluția corectă în raport cu sistemul de tipuri definit. Am studiat cum poate fi generat tipul unui sistem ierarhic de multiseturi, și am demonstrat corectitudinea acestui procedeu de generare a tipurilor.

În lucrarea [14] am definit sistemelor membranare de tip țesut cu costuri atașate sinapselor folosite pentru transportul obiectelor între celulele sistemului. Am folosit apoi sistemul de rescriere Maude pentru a implementa aceste sisteme; implementarea ne-a permis analiza și verificarea unor proprietăți comportamentale ale sistemelor membranare, precum și studierea problemei comisului voiajor.

În lucrarea [15] am studiat sistemele membranare neuronale cu trimiteri de semnale (spikes) înzestrate cu astrocite care produc și consumă calciu. Am demonstrat că aceste sisteme ce folosesc un număr limitat de reguli sunt Turing universale.

În lucrarea [16] studiem noțiunea de memorie asociată cu sistemele membranare. O astfel de memorie poate fi utilizată în diferite moduri; în această lucrare, ne concentrăm pe două dintre ele. O modalitate este de a considera memoria ca un dispozitiv de urmărire a modului în care obiectele evoluează. În această perspectivă, memoria este codificată în obiecte care sunt îmbogățite cu informații adecvate pentru a ține evidența modului în care acestea au fost produse. Acest tip de memorie permite studierea reversibilitatea evoluției membranei. O altă modalitate este de a considera memoria ca un dispozitiv de stocare pentru obiectele consumate anterior în același pas de evoluție. Acest tip de memorie permite descrierea unei alocări dinamice a obiectelor; sunt prezentate două semantici (una dinamică și alta statică), și se dovedește echivalența lor.

În lucrarea [17], în teoria structurilor finit suportate analizăm consistența diferitelor principii de alegere (și a rezultatelor echivalente/conexe), precum și consistența rezultatelor despre cardinalități și infinitate. Dovedim inconsistența principiilor de alegere pentru structurile finit suportate. Legat de această inconsistență a principiilor de alegere, prezentăm câteva definiții neechivalente în pereche pentru noțiunea de infinit (prezentăm șapte forme distincte de infinit pentru structurile finit suportate). Comparăm aceste forme de infinit și prezentăm exemple de mulțimi atomice care satisfac o anumită formă de infinit, în timp ce nu satisfac alte forme de infinit. În special, ne concentrăm pe noțiunea de infinit Dedekind, infinit Tarski, infinit Mostowski și pe mulțimile uniform suportate.

În lucrarea invitată [18] am prezentat o sinteză a strategiilor de evoluție în sisteme cu membrane mobile,

precum și a efectului acestor strategii asupra puterii de calcul și a eficienței acestor sisteme membranare.

În lucrarea [19] am studiat eficiența sistemelor membranare cu reguli de diviziune și comunicare, precum și cu sincronizarea regulilor de rescriere. Am demonstrat că folosind strategia de aplicare a regulilor într-un mod maximal, precum și sincronizarea regulilor de rescriere cu lungime maxim trei, putem obține soluții polinomiale pentru problemele NP-complete: SAT, Threshold-SAT și Unique-SAT.

În lucrarea [20] exprimăm sistemele membranare neuronale cu trimiteri de semnale (spikes) și semantica lor prin utilizarea limbajului de programare Haskell. Această abordare este realizată de un interpret semantic pentru un limbaj concurent capabil să descrie structura și comportamentul acestor sisteme membranare neuronale. Interpretul semantic este conceput folosind metoda semanticii denotaționale. Haskell este un limbaj funcțional care oferă un suport excelent pentru diverse tehnici ale semanticii denotaționale; folosim semantica de punct fix și continuări pentru concurență. Interpretul semantic surprinde cu acuratețe comportamentul nedeterminist, timpul întârzierii între comunicarea prin impulsuri electrice (spiking) și trimiterea de semnale și funcționarea sincronizată specifică sistemelor membranare neuronale.

În lucrarea [21] am prezentat o serie de proprietăți de calculabilitate pentru relațiile binare finit suportate definite pe mulțimile atomice infinite.

În lucrarea [22] am definit agenți mobili cu costuri asociate acțiunilor, precum și locațiilor din cadrul sistemelor dinamice complexe. Pentru această algebră de procese am studiat legătura cu automatele cu timp și ponderi; această legătură ne-a permis să folosim o aplicație software pentru verificare proprietăților agenților mobili cu costuri, precum și optimizarea costurilor implicate.

Ținând cont de realizări, putem spune că activitatea de cercetare din cadrul raportului „Estimarea resurselor în sisteme dinamice discrete” a fost bogată, iar obiectivele proiectului de cercetare pentru a doua jumătate a anului 2021 au fost îndeplinite în totalitate (100%).

Proiect fundamental: Atlase Lingvistice. Sistem pentru editarea asistată de calculator și publicarea planșelor atlaselor lingvistice ale dialectului aromân.

Coordonator: **CS II dr. Silviu Bejinariu**

Rapoarte de cercetare:

1. Proiectarea și implementarea unui add-in pentru editarea textelor dialectale în Microsoft Word (I). Generarea automată a fonturilor True Type.

Autori: *Silviu-Ioan Bejinariu, Otilia Păduraru, Ramona Luca*

15.06.2021

2. Proiectarea și implementarea unui add-in pentru editarea textelor dialectale în Microsoft Word (II). ALR_Word_AddIn – prima variantă funcțională.

Autori: *Silviu-Ioan Bejinariu, Otilia Păduraru, Ramona Luca*

31.12.2021

Lucrări

1. S.-I. Bejinariu, V. Apopei, F. Iftene, „*Geolingvistica românească în era digitală*”, în curs de apariție în volumul „Ex Oriente lux. În onoare Nicolae Saramandu”, editori M. Nevaci, I. Floarea, I. M. Farcaș, Alessandria, Edizioni dell’Orso, ISBN 978-88-3613-181-5 («La colonna infinita» 14, ISSN 1828-809X), 2021,
2. S.-I. Bejinariu, F. Iftene, M. Nevaci, C. I. Floarea, „*Preservation of Romanian Linguistic Heritage. Framework for Dialectal Data Management*”, lucrare trimisă la 16th edition of The International Conference on Linguistic Resources and Tools for Natural Language Processing – ConsILR-2021, 13-14 dec. 2021, Iași,
3. S.-I. Bejinariu, F. Iftene, „*Digitalization and mapping în dialectology. From data to information and knowledge*”, Atlas Linguarum Europae (ALE) Symposium, The 53rd Annual Meeting, June 17 – 18, 2021, Bucharest, Romania,
4. S.-I. Bejinariu, M. Nevaci, C.I. Floarea, F. Iftene, Metode de vizualizare a informației dialectale în atlasele lingvistice digitale, Atelier Lingvistic Online, ediția a II-a, 29 septembrie – 1 octombrie 2021,
5. S.-I. Bejinariu, F. Iftene, M. Nevaci, N. Saramandu, „*Instrumente software în dialectologie. Atlasul Dialectelor Românești din Nordul și din Sudul Dunării*”, Simpozionul Sisteme Inteligente și aplicații, Zilele Academice Iașene, ediția a XXXVI-a, Iași, România, 2021.

Realizarea de instrumente software pentru editarea asistată de calculator a atlaselor lingvistice precum și proiectarea de instrumente de cercetare pentru lingvistică și dialectologie reprezintă una dintre preocupările cu profund caracter interdisciplinar, ale cercetătorilor din cadrul Institutului de Informatică Teoretică al Academiei Române Filiala Iași. Sistemul *AlrMaps* implementat în etapele anterioare a fost pus la dispoziția cercetătorilor de la Institutul de Lingvistică „Iorgu Iordan-Al. Rosetti” al Academiei Române (ILIR) pentru realizarea hărților lingvistice pentru volumul al doilea al lucrării „*Atlasul Lingvistic al Dialectului Aromân*”.

Având în vedere complexitatea și numărul foarte mare al simbolurilor posibil de utilizat în transcrierea fonetică specifică Limbii Române, în versiunea actuală a aplicațiilor *AlrMaps* (realizarea hărților lingvistice) și *AlrLibrary* (editarea textelor dialectale) este folosit un sistem pentru sinteza în timp real a imaginii acestor simboluri pornind de la componentele de bază. Acesta are dezavantajul că scrierea în transcriere fonetică poate fi realizată doar în aplicațiile menționate, nu și în editoarele de text uzuale. Din acest motiv ne-am propus construirea de fonturi TrueType și implementarea unei interfețe care să permită utilizarea acestora în Microsoft Word.

Cercetările din primul semestru prezentate în raportul „**Proiectarea și implementarea unui add-in pentru editarea textelor dialectale în Microsoft Word (I). Generarea automată a fonturilor True Type**” au vizat:

- A definită poziționarea caracterelor specifice transcrierii fonetice în „Private Use Areas” al codificării Unicode pe 32 de biți. În funcție de numărul de fenomene fonetice aplicate simultan (0-6), caracterele din transcrierile fonetice sunt repartizate în 7 fonturi TrueType (*ALR_MP_0*, ... *ALR_MP_6.ttf*),
- Fontul *ALR_MP_0.ttf* ce conține glyph-urile de bază (fără fenomene fonetice) a fost proiectat manual folosind editorul de fonturi FontForge,
- A fost implementată o aplicație Python care generează automat glyph-urile din celelalte 6 fonturi TrueType (*ALR_MP_1*, ... *ALR_MP_6.ttf*) cu simbolurile ce au aplicate între 1 și 6 fenomene fonetice,
- A fost implementată o versiune experimentală a add-in ului pentru aplicația Microsoft Word în scopul testării fonturilor generate.

De asemenea, menționăm faptul că în prima parte a anului 2021 a fost publicat *Atlasul lingvistic al dialectului aromân*, vol. II, de Nicolae Saramandu și Manuela Nevaci la Editura Academiei Române, București 2020, XXXIV p. + 168 p. + 347 hărți lingvistice + 101 ilustrații. Pentru realizarea hărților lingvistice ale atlasului a fost utilizată aplicația *AlrMaps* dezvoltată în cadrul Institutului de Informatică Teoretică. Atlasul a fost lansat în cadrul unui eveniment editorial prezentat în Jurnalul online al Academiei Române, la adresa web: <https://academiaromana.wordpress.com/2021/05/05/eveniment-editorial-atlasul-lingvistic-al-dialectului-aroman-vol-ii/>.

Cercetările din al doilea semestru prezentate în raportul „**Proiectarea și implementarea unui add-in pentru editarea textelor dialectale în Microsoft Word (II). ALR_Word_AddIn – prima variantă funcțională**” s-au concretizat prin:

- A fost definită codificarea Unicode pe 32 de biți a caracterelor specifice transcrierii fonetice,
- A fost proiectat fontul *ALR_MP_0.ttf* ce conține glyph-urile de bază (fără fenomene fonetice) și a fost implementată o aplicație Python care generează automat glyph-urile din celelalte 6 fonturi TrueType (*ALR_MP_1*, ... *ALR_MP_6.ttf*) cu simbolurile ce au aplicate între 1 și 6 fenomene fonetice,
- A fost implementată prima versiune funcțională a add-in ului care permite scrierea fonetică folosind fonturile *ALR_MP_0*, ... *ALR_MP_6.ttf* în editorul uzual Microsoft Word;
- realizarea unei analize privind implementarea unui sistem informatic pentru realizarea a Atlasului Lingvistic Român pe Regiuni. Sintează. Acesta se caracterizează prin faptul că pe hartă sunt plasate simboluri, iar transcrierile fonetice apar doar în legendă.

Obiectivele proiectului au fost îndeplinite în totalitate (100%).

Proiecte/granturi câștigate de către institut de la organisme naționale:

Nr. crt	Contractor	Proiect	Durata	Valoare [lei]
1.	UEFISCDI, PN-III-P2-2.1-PED-2019-3952 -	Modele de inteligență artificială (Deep learning) aplicate în analiza sintactico-semantică a limbii române vechi [DELORO], director proiect Dan Cristea	2020-2022	589414
2.	UEFISCDI, PN-III-P1-1.1-PD-2019-0660 (PD)	Exploatarea reprezentărilor computaționale în prelucrarea colecțiilor mari de date lingvistice (SemRo), director proiect Mihaela Onofrei-Plamada (mentor Dan Cristea)	2020-2022	242146
3.	UEFISCDI, PN-III-P1-1.1-PD-2019-0619 (PD)	Aplicații ale inteligenței artificiale în ameliorarea plantelor , director proiect Iulian Gabur (mentor Dan Cristea)	2020-2022	246950

III. Contribuții la viața științifică

În anul 2021, Institutul a fost organizator și co-organizator la următoarele manifestări științifice:

Nr. crt.	Denumirea	Participarea	Perioada	Locul desfășurării
1.	IEEE International Conference Speech Technology and Human-Computer Dialogue, în Bucharest, Romania. Beyond its traditional topics, the “SpeD 2021”	internațională	11-15 oct 2021	online, Romania
2.	IEEE Int. Conference on E-Health and Bioengineering- EHB 2021- 9th edition	internațională	18-19 nov 2021	online, Romania
3.	EUROLAN 2021, The 15th Eurolan Edition, <i>Introduction to Linked Data for Linguistics, Online Training School</i>	internațională	8-12 feb. 2021	online, Romania
4.	Colocviul <i>Lexicografia Academică Românească. Provocările Informatizării</i> , Ediția a X-a, Institutul de Filologie Română “A. Philippide”, Institutul de Informatică Teoretică, Iași, Romania	internațională	27-28 mai 2021	online, Romania
5.	ECAI 2021- International Conference 9th Edition, Electronics, Computers and Artificial Intelligence,	internațională	1-3 iul. 2021	online, Romania
6.	SIA 2021- Simpozionul „Sisteme Inteligente și Aplicații”,	națională	22 oct. 2021	online, Romania

Institutul a fost coorganizator împreună cu Comisia de Sisteme Fuzzy și Inteligență Artificială a Academiei Române a seminarului „Grigore Moisil”, în cadrul căruia au avut loc două întruniri on-line.

În cadrul institutului au avut loc on-line întruniri de lucru periodice în cadrul fiecărui grup de cercetare pe probleme legate de obiectivele din planul de cercetare.

Alte informații care evidențiază prestigiul științific și recunoașterea națională și internațională a cercetătorilor din Institut.

Membrii al Academiei Române

Acad. Horia Nicolai Teodorescu
Prof. dr. Dan Cristea m.c.

- Membrii în colectivul de redacție al unei reviste naționale/ internaționale (cotată de Web of Science, Thomson Reuters sau indexată într-o BDI) sau în colectivul editorial al unor edituri internaționale consacrate

Horia Nicolai Teodorescu: membru în comitetul editorial al revistelor: *Proceedings of the Romanian Academy Series A*, *ROMJIST- Romanian Journal for Information Science*, *Romanian Academy*, *International Journal of Computers, Communications & Control (IJCCC)*, *International Journal of General Systems*; membru în consiliul consultativ al revistei *Computer Science Journal of Moldavia*, membru în comitetul editorial al revistei *Memoirs of the Scientific Sections of the Romanian Academy*.

Gabriel Ciobanu: Editor-șef al revistei *Annals of Computer Science*; membru în colectivul de redacție al revistelor: *ROMJIST- Romanian Journal for Information Science*, *Advances of Software Engineering*, *Computer Science Journal of Moldova*.

Tudor Barbu: Membru în colectivele editoriale ale revistelor: *Mathematics* (IF = 2.258), *Mathematical Problems in Engineering* (IF = 1.305), *Journal of Applied Mathematics*, *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, *ROMAI Journal*, *Journal of Image Processing Theory and Applications*, *Journal of Image and Graphics - JOIG*; **Editor-șef:** *Advances in Variational and Partial Differential Equation-Based Models for Image Processing and Computer Vision*, Număr Special al *Mathematical Problems in Engineering*, Hindawi, IF = 1.305, 2018; *Advances in PDE-based Methods for Image Processing*, Număr Special al *Mathematics*, IF=2.258, 2020-2021; *Advanced Image Processing and Analysis Solutions using PDE-based Modeling of the Physics Phenomena*, Număr Special al *Advances in Mathematical Physics*, Hindawi, IF=1.128, 2019; *Image and Video Processing and Analysis Techniques Using Variational and PDE-based Approaches*, Număr Special al *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, Frontiers, 2021.

Dan Cristea: membru în comitetul editorial al revistei *ROMJIST- Romanian Journal for Information Science*, *Romanian Academy*; membru în comitetul editorial al revistei *Journal of Language Modelling* (<https://jlm.ipipan.waw.pl/index.php/JLM/about/editorialBoard>); membru în Editorial Advisory Board al revistei *BRAIN (Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience)* (<http://www.edusoft.ro/brain/index.php/brain/about/editorialTeam>).

Hariton Costin: membru în colectivul de redacție al revistelor: *Advances in Electrical and Computer Engineering* (<http://www.aece.ro/>), *Computer Science Journal, ECSJ*. <http://elearn.shams.edu.eg/ecs>, *International Journal of Computers, Communications & Control (IJCCC)* (<http://journal.univagora.ro/>); membru asociat în comitetul editorial al revistei *ROMJIST- Romanian Journal for Information Science, Romanian Academy* (<https://www.romjist.ro/committees.html>).

Bogdan Aman: membru în colectivul de redacție al *Scientific Annals of Computer Science*, indexată WoS, SCOPUS, DBLP

Andrei Alexandru: membru în colectivul de redacție al revistelor: *Annals of the "Alexandru Ioan Cuza" University of Iași (New Series). Mathematics* ISSN 1221-8421 (indexat SCOPUS) https://www.math.uaic.ro/~annalsmath/new/?page_id=227, *Surveys in Mathematics and its Applications*. ISSN 1843-7265 (indexat SCOPUS) <http://www.utgjiu.ro/math/sma/editorial.html>, *Annals of Oradea University - Mathematics Fascicola*, ISSN: 1221-1265 – indexat BDI, *Scientific Studies and Research. Series Mathematics and Informatics*. ISSN-L 2067-3566 <http://pubs.ub.ro/?pg=revues&rev=ssrsmi&sc=ssrsmi&board> - indexat BDI, *The Annals of the University "Dunărea de Jos" of Galați, Fascicle III, Electrotechnics, Electronics, Automatic Control, Informatics*, ISSN 1221-454X, ISSN-L 1221 – 454X - indexat BDI <http://www.ann.ugal.ro/eeai/index.html>

Daniela Gifu: *International Journal of Linguistics, Literature and Culture, Scientific and Literature Open Access Publishing, UK*, ISSN: 2455-8028 (Online) - indexed by Thomson Reuters etc.; *Iran Journal of Computer Science*, Springer Nature Switzerland AG, ISSN: 2520-8446 (Online) - indexed by EBSCO; *Society of Electronics and Computer Engineering Journal*, Hyderabad, Telangana, India; *Global Electrical Engineers Journal*, Avanti Publishers, Karachi, Pakistan & Windsor, Connecticut, USA, ISSN (online): 2410-0412; *Social Sciences and Educational Research Review*, Sitech Publishing House – Craiova, ISSN: 2392-9683, ISSN-L: 2392-9683; *Computer Engineering and Information Technology Journal CEITJ*, Indore, Madhya Pradesh, India, ISSN: 2394-8434, ZDB-ID: 2814237-8

Mihaela Luca (Costin): membru în colectivul de redacție al revistelor: *Journal of Convergence Information Technology (JCIT)*, *International Journal of Advanced Intelligence Paradigms*

Silviu-Ioan Bejinariu: membru asociat în comitetul editorial al revistei *ROMJIST-Romanian Journal for Information Science, Romanian Academy* (<https://www.romjist.ro/committees.html>).

Florin Rotaru: membru asociat în comitetul editorial al revistei *ROMJIST- Romanian Journal for Information Science, Romanian Academy* (<https://www.romjist.ro/committees.html>).

Speranta Cecilia Bolea: membru asociat în comitetul editorial al revistei *ROMJIST-Romanian Journal for Information Science, Romanian Academy* (<https://www.romjist.ro/committees.html>).

Adrian Ciobanu: membru asociat în comitetul editorial al revistei *ROMJIST- Romanian Journal for Information Science, Romanian Academy* (<https://www.romjist.ro/committees.html>).

▪ Membrii al unui organism guvernamental sau al unei societăți științifice naționale / internaționale

Horia Nicolai Teodorescu– membru titular al Academiei Române, Senior Member IEEE, vicepreședinte în comisia Științe Inginerești a CNATDCU; **Dan Cristea** – membru corespondent al Academiei Române, membru titular al Academiei de Științe Tehnice din România, membru în comisia de Informatică a CNATDCU, evaluator ARACIS pentru domeniul de doctorat Informatică; **Tudor Barbu**- membru în comisia Informatică a CNATDCU, Membru Asociat al Academiei Oamenilor de Știință din România – AOSR, Membru ROMAI (https://www.romai.ro/membri/lista_membrilor.html); **Liviu Goraș** - Life member IEEE, membru în Comisia de Știința și Tehnologia Micro-Sistemelor din cadrul Academiei Române; **Gabriel Ciobanu** - membru Academia Europaea (http://www.ae-info.org/ae/Member/Ciobanu_Gabriel); **Hariton Costin** –Senior Member IEEE.

▪ Membrii în Comitete de conferințe internaționale

Horia Nicolai Teodorescu: comitetul de organizare al Sesiunii de comunicări științifice “*Inteligența artificială/Machine Learning și Tehnologia Informației în agricultură, silvicultură, zootehnie și medicină veterinară*”, 11 iunie 2021, Programme Committee, 25th International Conference Applied Electronics, Pilsen, 8-9 sep. 2021, Czech; Technical Program Committee (TPC), 12th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2021, Bucuresti, Romania; Programme Committee, ISEEE 2021 Galați; Co-Chair SPED 2021 Bucuresti etc.

Hariton Costin: General Chair la conferința EHB - <http://www.ehbconference.ro/Committees.aspx>)

Dan Cristea: membru în comitetul director al *EUROLAN 2021*, membru în comitetul științific și de organizare al *International Conference on Linguistic Resources and Tools for Natural Language Processing* – ConsILR-202, membru al comitetelor științifice ale ACL-IJCNLP, AdNLP, EMNLP-CRAC, IJST.

Tudor Barbu: Comitetul de Organizare al 10th *International Conference on Pure and Applied Mathematics, ICPAM 2021*, Online, July 16-19, 2021, Comitetul Științific și de Organizare al *The XV-th International Conference of Differential Geometry and Dynamical Systems, DGDS 2021*, București, Romania, 26-29 August 2021, Comitetul Tehnic al 3rd *European Symposium on Computer and Communications, ESCC 2021*, Belgrade, Serbia, April 16-18, 2021, Comitetul de Organizare al *International Conference on Image Processing and Vision Engineering, IMPROVE 2021*, Online, April 28-30, 2021, Comitetul de Organizare al *International Conference on Image Processing and Vision Engineering, IMPROVE 2022*, Online, April 22-24, 2022, Comitetul de Organizare al *The 2021 International Conference on Applied Mathematics, Modeling and Computer Simulation (AMMCS 2021)*, Wuhan, China, Nov. 2021, Comitetul de Organizare al *2021 International Conference on Artificial Intelligence and Big Data in Digital Era, ICABDE 2021*, Ho Chi Minh City, Vietnam, December 18-19, 2021.

S.-I. Bejinariu: Comitetul științific *EHB 2021*- <http://www.ehbconference.ro/Committees.aspx>), Comitetul științific *Atlas Linguarum Europae Symposium*, the 53rd Annual meeting, <https://acad.ro/com2021/doc/d0617-Simpozion-AtlasulLimbilorEuropei-program.pdf>, Technical Program Committee, conferința *ECAI 2021* (<http://ecai.ro/lib/plj6dx/ECAI-2021-program-v1-kqicpz7k.pdf>)

Bogdan Aman: Membru comitet științific conferința *MFOI 2020* (12-16 ianuarie 2021) - <http://mfoi2020.inf.ua/>; Membru comitet științific conferința *ICMC 2021*- <https://konferencia.unideb.hu/en/icmc-2021>

IV. Relații externe

Acad Horia-Nicolai Teodorescu, apare în topul primilor 2 la sută cercetători din întreaga lume, pentru anul 2020, clasament care are girul prestigioasei Universități Stanford, din Statele Unite ale Americii (SUA), fiind denumit „Stanford University's Top 2% of Scientists Worldwide” care a fost publicat în luna august a anului 2021 (https://elsevier.digitalcommonsdata.com/datasets/btchxktzyw/3/Table_1_Authors_career_2020_wopp_extracted_202108.xlsx). Acest top cuprinde peste 500.000 de cercetători din toate domeniile de activitate, grupate pe 22 de domenii științifice și 176 de subdomenii. Cercetătorii sunt ierarhizați după indicatorii-standard de citări.

Institutul de Informatică Teoretică a încheiat în decembrie 2020, un protocol de colaborare științifică cu *Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „D.Ghitu”* *Institutul de Matematică și Informatică „Vladimir Andrunachievici”*, cu sediul în Chișinău, str. Academiei nr.5, iar în februarie 2021 un protocol de colaborare științifică cu *Institutul de Inginerie Electronică și Nanotehnologii „D.Ghitu”*, cu sediul în Chișinău, str. Academiei nr.3.

CS dr. Mihaela Plămadă-Onofrei, a efectuat o deplasare în perioada 13.07.2021-27.07.2021 în **Lisabona, Portugalia**, unde a efectuat un stagiu de documentare în cadrul temei de plan „*Modele, resurse și tehnici de prelucrarea limbajului natural utilizate în studierea limbii române moderne și în diacronie*”, obiectivul din cadrul subtemei „A.1 Modernizarea spațiului virtual de lucru al colectivului de limbaj natural”. Activitatea s-a axat pe identificarea și testarea unui model nou de tip *Deep Learning* care să poată fi aplicat pentru dezvoltarea de noi aplicații de procesare a limbajului natural pentru limba română.

CS dr. Mihaela Plămadă-Onofrei a efectuat o deplasare în perioada 20.10.2021-31.10.2021 în **Barcelona, Spania**, unde a efectuat un stagiu de documentare în cadrul temei de plan „*Modele, resurse și tehnici de prelucrarea limbajului natural utilizate în studierea limbii române moderne și în diacronie*”, obiectivul din cadrul subtemei „A.1 Modernizarea spațiului virtual de lucru al colectivului de limbaj natural”. Activitatea s-a axat pe testarea unei noi tehnologii de tip *Deep Learning*, precum și în vederea realizării unei fișe ce urmează a fi inclusă în biblioteca de modele/tehnologii a grupului de Procesarea Limbajului Natural din cadrul Institutului de Informatică Teoretică.

V. Concluzii

Rezultatele cercetărilor au fost publicate în: 68 articole care apar în baze de date indexate din care 60 cu indexare ISI și 8 în reviste B+ sau BDI, 8 conferințe invitate, 44 comunicări la conferințe dintre care 17 cu participare internațională, 3 capitole de carte publicare la edituri internaționale, 3 cărți editate, o revistă editată în Editura Academiei Române (ROMJIST).

Nivelul ridicat al cercetărilor desfășurate în Institut și gradul lor de recunoaștere este dat de faptul că articolele cercetărilor din Institut sunt tot mai citate în articole indexate WOS și Google Scholar. Acest fapt a determinat creșterea numărului de cercetători au idicele Hirsch (Google Scholar) mai mare sau egal cu 8: H.N. Teodorescu- 22, Gabriel Ciobanu – 26, Dan Cristea – 18, Liviu Goras– 14, Tudor Barbu – 19, Hariton Costin –18, Bogdan Aman - 14, Monica Fira – 9, Andrei Alexandu – 8 , Daniela Gîfu – 13, Silviu-Ioan Bejinariu – 8, Mihaela Luca – 10, Adrian Ciobanu – 9, Radu Matei – 9.

Urmare a datelor prezentate în acest raport, considerăm activitatea desfășurată în cadrul Institutului de Informatică Teoretică ca fiind de un înalt nivel științific

Cercetătorii din Institut au întocmit în acest an 14 de rapoarte de cercetare în cadrul proiectelor din planul de cercetare al institutului. Lucrările și rapoartele au tratat subiecte din domeniile incluse în programele de cercetare și conexe: procesarea imaginilor și secvențelor video, analiza semnalului vocal, recunoașterea formelor, rețele neuronale, sisteme fuzzy, procesarea limbajului natural, modele pentru structuri de calcul paralel și distribuit, modelări neuronale și celulare, sisteme cognitive.

Director,

CS II dr. Vasile Apopei

Întocmit,

pe baza materialelor transmise de responsabili

temelor de cercetare

CS II dr. Monica Fira