



MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
ROMÂNIA
UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ,
FARMACIE, ȘTIINȚE ȘI TEHNOLOGIE
„GEORGE EMIL PALADE”
DIN TÂRGU MUREȘ



UNIVERSITATEA DE MIDICINA, FARMACIE, STIINTE SI
TECHNOLOGIE “GEORGE EMIL PALADE” DIN TÂRGU MUREȘ
SCOALA DOCTORALA DE LITERE, STIINTE UMANISTE SI
APPLICATE

DOMENIU: INFORMATICA

UNIVERSITY OF MALAGA
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD
DOMENIU: STIINTELE SANATATII

REZUMAT TEZĂ DOCTORAT

**TEHNICI AVANSATE DE DIAGNOSTICARE DE
LA DISTANȚĂ ȘI SENZORI ÎN SIGURANȚA
SPORTIVĂ ȘI ÎN PREDICȚIA CONDIȚIEI DE
SĂNĂTATE**

Doctorand:
Attila BIRÓ

Conducător Stiintific:
Prof. Dr. Sándor Miklós SZILÁGYI, UMFST G.E. Palade din Tg.Mureș
Prof. Dr. Antonio Ignacio CUESTA-Vargas, University of Malaga

Conducător Asistent Stiintific:
Prof. Dr. Jaime MARTIN-Martín, University of Malaga



TÂRGU MUREȘ
2024

Rezumat

Dezvoltarea sporturilor competitive a devenit un subiect important. Integrarea senzorilor de distanță purtabili cu metode inovatoare de recuperare sau reabilitare a revoluționat ciclurile de antrenament, modificând tendințele de oboseală și recuperare a sportivilor de performanță. Progresul inteligenței artificiale (IA) și metodele de detectare rapidă ajut reducerea cazurilor de subdiagnostizare. Ecosistemele sportive prezic datele privind leziunile prin combinarea metadatelor zilnice privind traumatismele cu datele privind semnele vitale și datele privind sănătatea jucătorilor pentru elaborarea analizelor de date personalizate. Cercetarea multistratificată și multidisciplinară se concentrează pe găsirea/adoptarea de tehnologii emergente cu IA pentru a îmbunătății diagnosticele și metodele la distanță în sporturile de performanță și în siguranța în sport pentru a preveni leziunile sau pentru a accelera perioadele de recuperare. În plus, se aplică conduite, tehnici și modele bazate pe tehnologie pentru a oferi consultanță și diagnosticare la distanță în colaborare, în timp real, la distanță, în sport. Teza doctorală reprezintă o conceptualizare a unui viitor ecosistem sportiv mai rapid, mai sigur, minimizând factorii de risc, controlându-i și punând accentul pe cele mai bune practici. Abordările telemedicinale - ca parte a diagnosticării burnout-ului sau a bolilor neurodegenerative cu detectarea anomaliilor din voci, text - combinat cu analiza sentimentelor - vor fi deasemenea abordate împreună cu adaptarea algoritmilor de învățare automată și de învățare profundă. Furnizarea de previziuni în timp real cu privire la leziuni cu ajutorul analizelor reprezintă un instrument practic și inovator pentru medicii sportivi pentru evaluarea riscurilor de leziuni în mod preventiv. Componente principale: (1) IA aplicată în consultanță la distanță în multidisciplină și domenii. Studiarea instrumentele de colaborare îmbunătățite cu IA; (2) cercetarea aplicabilității IA în predicția oboselii, prevenirea rănilor în sporturile de înaltă performanță și detectarea preventive a bolilor sau anomaliilor; (3) cercetarea indicatorilor prin IA ca MET, sRPE, ACWR, rănirea, oboseala, ciclurile de regenerare, agregarea stării de sănătate și previziunile folosind algoritmi avansați ca și utilizare IA în îmbunătățirea sportul de performanță. Noile modele și metodologii ML demonstrează amploarea tezei. Metodologia include colectarea și integrarea datelor, preprocesarea și extragerea caracteristicilor, dezvoltarea și antrenarea modelelor, validarea și îmbunătățirea acestora, implementarea și monitorizarea lor în timp real, realizarea de sugestii și intervenții personalizate, precum și evaluarea și autoperfecționarea proceselor. Studiul cu IA și analiza predictivă poate îmbunătăți siguranța, performanța și condiționarea în sport prin analizarea comportamentelor și activităților.

Lista de publicații

Evaluarea publicațiilor respectă standardele stabilite de CNATDCU (Consiliul Național de Atestare a Titlurilor, Diplomelor și Certificatelor Universitare), aplicabile studenților doctoranzi înscriși după 1 octombrie 2018. Puntajele sunt prezentate pe baza clasificării conferințelor¹ și a revistelor² în domeniul Informatică.

1. **A. Biró**, A.I. Cuesta-Vargas, L. Szilágyi, “*SRPE and ACWR to control fatigue levels and minimize injuries in performance sports*”, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Special Section Cyber, p.2808–2813, Honolulu, Oahu, USA, **2023**, *IEEE Xplore*, [P13]³.
Articol Conferință, Rank¹: B, Puncte: 4.0.
2. **A. Biró**, A.I. Cuesta-Vargas, S.M. Szilágyi, “*Real-time disease and COVID-19 detection pipeline from voice for performance sports*”, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Special Section Cyber, p.2309–2314, Honolulu, Oahu, USA, **2023**, *IEEE Xplore*, [P16].
Articol Conferință, Rank¹: B, Puncte: 4.0.
3. **A. Biró**, A.I. Cuesta-Vargas, L. Szilágyi, “*Enhanced Spatial-Temporal Analysis for EEG-Based Microsleep Detection: Integrating Kalman Filtering with Voronoi Tessellation and Adaptive Coverage Control*”, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Special Section Cybernetics (SMC), Special Section Cybernetics, Kuching, Sarawak, Malaysia, **2024**, [Acceptat], *IEEE Xplore*, [P12].
Articol Conferință, Rank¹: B, Puncte: 4.0.
4. A.I. Cuesta-Vargas, **A. Biró**, A. Escriche-Escuder, et al. “*Effectiveness of a gamified digital intervention based on lifestyle modification (iGame) in secondary prevention: a protocol for a randomised controlled trial*”, *BMJ Open*, 13, **2023**, [P11].
Articol Jurnal, Rank AIS²: Q2 (A)⁴, Factor de Impact (FI)⁵: 3.007, Puncte: 0.70.

¹Source CORE Conference Ranking Portal: <http://portal.core.edu.au/conf-ranks>

²Source UEFISCDI: <https://uefiscdi.gov.ro/premierea-rezultatelor-cercetarii-articole> (October, 2022)

³The [P1]..[P17] numărul de ordine utilizat în secțiunea Rezultate și contribuții științifice 2.1

⁴BMJ Open a ocupat locul 6; în conformitate cu reglementările, e considerat ca rang (A) superior

⁵Sursa 2022 Journal Impact Factors, Journal Citation Reports TM (Clarivate, 2023)

5. **A. Biró**, A.I. Cuesta-Vargas, L. Szilágyi, “*AI-assisted fatigue and stamina control for performance sports on IMU-generated multivariate times series datasets*”, MDPI, *Sensors*, 24(1): 132, **2024**, [P7].
Articol Jurnal, Rank AIS²: Q2 (B), FI⁵: 3.9, Puncte: 4.0.
6. **A. Biró**, S.M. Szilágyi, L. Szilágyi, J. Martin-Martin, A.I. Cuesta-Vargas, “*Machine learning on prediction of relative physical activity intensity using medical radar sensor and 3D accelerometer*”, MDPI, *Sensors*, 23(3595), **2023**, [P4].
Articol Jurnal, Rank AIS²: Q2 (B), FI⁵: 3.9, Puncte: 1.33.
7. J. Martin-Martin, L. Wang, **A. Biró**, et al, “*The validity of the energy expenditure criteria based on open source code through two inertial sensors*”, MDPI, *Sensors*, 22(2552), **2022**, [P5].
Articol Jurnal, Rank AIS²: Q2 (B), FI⁵: 3.9, Puncte: 0.33.
8. J. Martin-Martin, A. Jimenez-Partinen, **A. Biró**, I. De-Torres, A. Escriche-Escuder, M. Gonzalez-Sanchez, A. Muro-Culebras, C. Roldan-Jimenez, M. Ruiz-Munoz, F. Mayoral-Cleries, et al, “*Reliability study of inertial sensors LIS2DH12 compared to Actigraph GT9X: Based on free code*”, MDPI, *Journal of Personalized Medicine*, 12(749), **2022**, [P6].
Articol Jurnal, Rank AIS²: Q2 (B), FI⁵: 3.4, Puncte: 0.33.
9. **A. Biró**, S.M. Szilágyi, L. Szilágyi, “*Optimal training dataset preparation for AI-supported multi-language real-time OCRs using visual methods*”, MDPI, *Applied Sciences*, 13(24): 13107, **2023**, [P3].
Articol Jurnal, Rank AIS²: Q3 (C), FI⁵: 2.7, Puncte: 2.0.
10. **A. Biró**, A.I. Cuesta-Vargas, J. Martin-Martin, L. Szilágyi, S.M. Szilágyi “*Synthesized multilanguage OCR using CRNN and SVTR models for realtime collaborative tools*”, MDPI, *Appl. Sciences*, 13(4419), **2023**, [P2].
Articol Jurnal, Rank AIS²: Q3 (C), FI⁵: 2.7, Puncte: 0.67.
11. **A. Biró**, K.T. János-Rancz, L. Szilágyi, A.I. Cuesta-Vargas, J. Martin-Martin, S.M. Szilágyi, “*Visual object detection with DETR to support video-diagnosis using conference tools*”, MDPI, *Appl. Sciences*, 12(5977), **2022**, [P1].
Articol Jurnal, Rank AIS²: Q3 (C), FI⁵: 2.7, Puncte: 0.5.
12. **A. Biró**, “*Gamification, GenAI and reinforcement learning as motivational assets in performance sports*”, IEEE 18th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), Timisoara, Romania, **2024**, p.315–320, *IEEE Xplore*, [P17].
Articol Conferinta, Rank¹: National (D), Puncte: 1.0.

13. **A. Biró**, A.I. Cuesta-Vargas, L. Szilágyi, “*Applied AI for real-time detection of lesions and tumors following severe head injuries*”, IEEE 21st International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), p.653–658, Pula, Croatia, **2023**, *IEEE Xplore*, [P9].
Articol Conferinta, Rank¹: National (D), Puncte: 1.0.
14. **A. Biró**, A.I. Cuesta-Vargas, L. Szilágyi, “*AI-controlled training method for performance hardening or injury recovery in sports*”, IEEE 22nd World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), p.259–264, Stara Lesna, Slovakia, **2024**, *IEEE Xplore*, [P8].
Articol Conferinta, Rank¹: National (D), Puncte: 0.
15. **A. Biró**, A.I. Cuesta-Vargas, S.M. Szilágyi, “*Predictive sports strategy approach using YOLO and YOLO-NAS in performance sports*”, IEEE 21st International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), p.303–308, Pula, Croatia, **2023**, *IEEE Xplore*, [P10].
Articol Conferinta, Rank¹: National (D), Puncte: 0.
16. **A. Biró**, K.T. Jánosi-Rancz, L. Szilágyi, “*Real-time artificial intelligence text analysis for identifying burnout syndromes in high-performance athletes*”, IEEE 22nd World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), p.253–258, Stara Lesna, Slovakia, **2024**, *IEEE Xplore*, [P14].
Articol Conferinta, Rank¹: National (D), Puncte: 0.
17. **A. Biró**, A.I. Cuesta-Vargas, L. Szilágyi, “*Precognition of mental health and neurogenerative disorders using AI-parsed text and sentiment analysis*”, *Acta Universitatis Sapientiae, Informatica*, 15(2): p.359–403, **2023**, [P15].
Articol Jurnal, Rank AIS²: D, FI⁵: 0.3, Puncte: 0.

Distributia punctajelor pe categorii:

- **Categorie A: 0.70 puncte,**
- **Categorie B: 18.00 puncte,**
- **Categorie C: 3.17 puncte,**
- **Categorie D: 2.00 puncte.**

Punctaj final: 23.87 puncte.

Punctaj IF⁵: 26.51 puncte.

Introducere

Diagnosticarea la distanță adoptă modelele DX, ML și DL în era datelor. Pandemia COVID-19 a extins DX și a introdus noi instrumente de colaborare, cum ar fi munca la distanță și distanțarea socială, încurajând noi atitudini globale. Diagnosticarea la distanță, în special analiza video, utilizează Inteligența artificială (IA) pentru a preveni rănilor și oboseala. De asemenea, aceasta informează medicii cu privire la potențialele boli și factorii de risc înainte de a acționa. IA deja creează terapii medicamentoase inovatoare și medicină individualizată, iar roboții sprijină alte profesii. Odată cu creșterea sporturilor competitive, siguranța este o preocupare. Senzorii la distanță, cum ar fi radarul medical, senzorii purtabili, cum ar fi accelerometrele tri-axiale, și abordările revoluționare de recuperare sau reabilitare au revoluționat ciclurile de antrenament, accelerând evoluția și modificând modelele de oboseală și recuperare. IA și detecția rapidă reduc subdiagnosticul. Prin combinarea metadatelor zilnice legate de accidente cu datele vitale, ecosistemele și platformele sportive pot prezice datele legate de accidente și pot analiza și crea analize de date legate de obiceiuri cu datele privind sănătatea jucătorilor. Studiile de teză multistratificate și multidisciplinare au utilizat tehnologii bazate pe IA pentru a îmbunătăți diagnosticarea la distanță, performanța sportivă și siguranța pentru a preveni rănilor și a accelera recuperarea. Conducele, tehnicile și modelele bazate pe tehnologie permit consultări și diagnostice sportive colaborative, în timp real, la distanță. Teza sugerează limitarea variabilelor de risc, reglementarea acestora și încurajarea celor mai bune practici pentru un ecosistem sportiv mai rapid și mai sigur. Metodele de detectare a bolilor virale COVID-19 sunt evidențiate în teză. De asemenea, am luat în considerare noile metode ML și DL. Proiecțiile de leziuni în timp real și analiza datelor ajută medicii sportivi să prevină leziunile.

Justificare: metodologiile tezei împreună cu IA poate utiliza informații în timp real bazate pe date personalizate pentru a preveni rănilor, a stimula performanța și a îmbunătăți sănătatea sportivilor. Aceasta poate preveni sau prezice SCD, epuizarea și tulburările neurodegenerative. Experimentele tezei acoperă, de asemenea, subiecte importante precum prevenirea rănilor, controlul oboselii, optimizarea performanței, monitorizarea și feedback-ul în timp real, recomandările personalizate, detectarea timpurie a problemelor de sănătate, controlul reabilitării și recuperării, luarea deciziilor pe baza datelor, diagnosticarea multilingvă la distanță și modelele de rentabilitate cu diagnosticarea la distanță susținută de AI,

Necesitate: adoptarea subiectelor tezei poate avea un impact major asupra societății și asupra pasionaților de siguranță și performanță sportivă. Aceste tehnologii pot îmbunătăți sănătatea publică, pot spori resursele de performanță sportivă, pot informa procesul decizional, pot stimula creșterea economică și pot spori cunoștințele privind cele mai bune practici de sănătate și siguranță sportivă. Nevoile sunt multiple și se concentrează pe sănătatea publică, siguranța sportivă, calitatea vieții sportivilor, stiluri de viață mai sănătoase, beneficii economice, luarea de decizii în cunoștință de cauză pentru personal/antrenori/profesioniști din domeniul sănătății, echitate și accesibilitate în sport, precum și educație și sensibilizare,

Perspectivă tehnologică viitorului și noile linii de cercetare: biomecanica și analiza mișcării conduse de IA, diagnosticarea sănătății mintale și a bunăstării cu ajutorul IA, genomica și medicina sportivă personalizată, analiza predictivă, telemedicina și antrenamentul la distanță, precum și reabilitarea îmbunătățită de IA au potențialul de a stimula inovarea și de a crea noi direcții de cercetare. Aceste progrese au capacitatea de a revoluționa siguranța, performanța și medicina sportivă,

Teledetecție: Monitorizarea continuă de la distanță a semnelor vitale prin utilizarea de senzori și chestionare specifice, cum ar fi cele pentru COVID-19 și sRPE, este esențială pentru identificarea și predicția promptă a problemelor care pot afecta sănătatea și performanța sportivilor. IA joacă un rol crucial în prezicerea problemelor de sănătate, a perioadelor de recuperare și a bolilor cu mare viteză și precizie, ceea ce o face un instrument esențial pentru asigurarea siguranței sportive. Am efectuat o analiză a corelațiilor dintre accelerație și oboseală, (post) COVID-19 și oboseală, oboseală și leziuni și COVID-19 și ACWR/sRPE pentru a stabili măsuri preventive pentru sporturile de performanță.

Teza explorează integrarea IA avansate și a tehnologiilor senzoriale în instrumentele moderne de diagnosticare la distanță. Scopul său este de a prevedea și de a aborda problemele legate de siguranța și sănătatea în sport în mai multe discipline și domenii tehnologice. Noile modele explică: (1) dezvoltarea următoarei generații de proceduri de diagnosticare la distanță utilizând instrumente de colaborare și algoritmi multilingvi pentru a analiza cu exactitate sănătatea și performanța jucătorilor; (2) Studiul stării, sRPE, METs, ACWR susținut de AI oferă informații privind prevenirea rănilor, optimizarea performanței și dezvoltarea sau regenerarea programului de antrenament pentru dame; (3) Telemedicina și tehnologia de diagnosticare la distanță, cum ar fi senzorii radar medicali, permit monitorizarea și evaluarea sănătății sportivilor în timp real, indiferent de locație; (4) Reducerea zgomotului și normalizarea sunt necesare pentru a procesa și filtra datele brute ale senzorilor (de ex, senzori radar, accelerometre 3-axiale, IMU) pentru o analiză precisă și demnă de încredere; (5) sunt necesare date la scară largă și analiza datelor în sport pentru a identifica modele, tendințe și conexiuni; (6) tehnicile AI aplicate, inclusiv modelele supervizate, nesupervizate și RL pentru a prezice oboseala și a preveni accidentele.

1.1 Prezentare generală

1.1.1 Context

Scopul tezei este de a îmbunătăți siguranța sportivilor și rezultatele în materie de sănătate prin utilizarea instrumentelor avansate de diagnosticare și a algoritmilor predictivi. Tehnologii precum radarele medicale, accelerometrele 3D și senzorii IMU, IA și analiza datelor în știința sportului permit acest lucru. Teza se axează pe tehnologiile de diagnosticare și senzori de ultimă generație. Gadgeturile portabile, cum ar fi accelerometrele, senzorii radar medicali și IMU, colectează o cantitate mare de date complexe despre sportivi în timp real – de la variabilitatea ritmului cardiac (HR) prin puls la modele de mișcare legate de viteză și accelerație, care necesită metode analitice avansate pentru a fi interpretate. Dincolo de tehnologie și științele medicale, subiectul include psihologia, sociologia și lingvistica. Utilizarea analizei sentimentelor și a limbajului pentru a identifica starea psihică a unui atlet ajută la evaluarea stării generale de sănătate a acestuia.

Diagnosticarea la distanță în sănătate și sport

Traducerea multilingvă pe multidomenii a devenit din ce în ce mai importantă din cauza pandemiei COVID-19. DX în medicină a crescut datorită detecției obiectelor vizuale (VOD) și detecției obiectelor textuale, care sunt subiecte esențiale ale diagnosticării și consultanței la distanță prin videoconferințe. VOD și OCR în domeniul asistenței medicale va îmbunătăți diagnosticarea la distanță și va reduce timpul de răspuns la consultații. Pentru a sintetiza și a furniza rezultate fiabile pentru un nou model de lucru colaborativ, metoda de detectare a obiectelor textuale și vizuale (TVOD) a analizat algoritmi și modele populare de detectare a obiectelor, cum ar fi Fast R-CNN, Faster R-CNN, rețele neurale convoluționale bazate pe regiune (CNN), rețele complet convoluționale bazate pe regiune și detectoare de obiecte în timp real, cum ar fi YOLO, DETECTRON și DETR. Platformele de videoconferință pot aplica pur și simplu rezultatele tezei la siguranța sportivă.

1.1.2 Motivația cercetării

Motivația este determinată de IT, știință, tehnologie și bunăstarea sportivilor, după cum urmează (1) îmbunătățirea siguranței și a sănătății sportivilor; (2) optimizarea rezistenței și a performanței; (3) adoptarea inovațiilor tehnologice; (4) cercetarea și colaborarea interdisciplinară; (5) înțelegerea potențialului economic; (6) localizarea tendințelor globale de sănătate și a interesului public și (7) înțelegerea aspectelor etice și juridice ale IA aplicată.

1.1.3 Semnificația

Abordarea multidisciplinară favorizează inovarea prin combinarea diverselor expertize (navigând pe dimensiunile etice, juridice și societale ale științei și tehnologiei sportive moderne) și garantează că progresele tehnologice sunt corecte din punct de vedere etic, sensibile din punct de vedere cultural, viabile din punct de vedere economic și benefice pentru sportivi și comunitate. Abordarea cuprinzătoare a tezei față de provocările legate de siguranța sportivă, inclusiv optimizarea performanței sportivilor individuali sau a grupurilor/echipelor, oferă o înțelegere holistică și aprofundată a sănătății sportivilor (prin identificarea riscurilor și a posibilelor anomalii sau boli viitoare) și a indicilor de performanță. Teza combină ingineria, informatica, medicina, fiziologia, psihologia și știința datelor pentru a îmbunătăți sănătatea și performanța sportivilor.

1.1.4 Etică

Rigurozitatea științifică, drepturile participanților și normele etice ghidează strategia de cercetare etică a tezei multidisciplinare. Teza a pus în aplicare acești factori-cheie: (1) Fiecare experiment al tezei legat de obiective a fost realizat pentru a răspunde la o RQ specifică, iar concluziile corespund acestor cerințe; (2) Metodele de cercetare selectate se potrivesc cercetării, cu toate riscurile relevante investigate și declarate înainte de adoptarea metodelor specifice; (3) Atunci când oamenii au fost implicați în cercetare, cum ar fi măsurarea MET, au fost prezentate informații detaliate. Aceștia puteau părăsi studiul sau cercetarea în orice moment; (6) Anonimatul participanților a fost crucial și am ținut cont de reglementările globale privind confidențialitatea datelor; (7) Directorii și tutorii au discutat strategia de eșantionare, asigurându-se că aceasta era adecvată pentru obiectivele și metodologiile cercetării; (8) Au fost colectate și controlate numai informațiile relevante; (9) Au fost prevenite toate conflictele potențiale. Validitatea tezei, adecvarea metodologiei, consimțământul participanților, confidențialitatea, gestionarea riscurilor, confidențialitatea datelor, tacticile de eșantionare, utilitatea, integritatea și transparența informațiilor stabilesc un standard ridicat pentru viitoarele cercetări postdoctorale pe această temă.

1.1.5 Limitări

Deși abordările din teză oferă avantaje considerabile, acestea au și limite. Aceste constrângeri sunt inerente complexității și domeniului de aplicare al integrării mai multor discipline, fiecare cu metodologiile, teoriile și paradigmele sale. Printre acestea se numără complexitatea integrării, problemele legate de gestionarea datelor, problemele etice și de confidențialitate, disparitățile economice, acceptarea culturală, problemele legate de generalizabilitate, lacunele educaționale și provocările de reglementare.

1.2 Probleme de cercetare

Problemele centrale de cercetare (RQ) se învârt în jurul valorificării eficiente a tehnologiilor emergente și a IA pentru a îmbunătăți siguranța sportivilor, a optimiza performanța și a preveni rănilor prin prezicerea anomaliilor și / sau a bolilor legate de sporturile de performanță și siguranța sportivă. Abordarea acestor probleme necesită o abordare integrată care încorporează expertiza diferitelor discipline pentru a crea soluții inovatoare, etice și practice în știința sportului.

Table 1.1: Probleme de cercetare (RQ) și conectivitatea acestora cu domeniile IT și Sănătate

ID	IT	Sanatate	Problema de cercetare
RQ1	✓	✓	Cum poate fi îmbunătățită colaborarea interdisciplinară pentru a promova inovarea și înțelegerea cuprinzătoare în diagnosticarea și predicția în sport?
RQ2	✓		Cum pot fi integrate efectiv tehnicile avansate de diagnosticare și tehnologiile senzoriale în practica sportivă pentru a îmbunătăți monitorizarea și predicția în timp real a sănătății și performanței sportivilor?
RQ3	✓	✓	Cum pot fi integrate aceste tehnologii avansate de diagnosticare și senzori în infrastructurile existente de antrenament sportiv și de asistență medicală?
RQ4	✓	✓	Cum pot fi optimizate tehnologiile avansate ale senzorilor pentru monitorizarea în timp real a datelor fiziologice și biomecanice ale sportivilor?
RQ5	✓		Care sunt algoritmi și modelele AI optime pentru interpretarea datelor de la senzorii pentru a prezice riscurile pentru sănătate și rezultatele performanței?
RQ6		✓	Cum pot fi adaptate aceste tehnologii pentru a se potrivi diverselor profiluri fiziologice, psihologice și biomecanice ale fiecărui sportiv?
RQ7	✓	✓	Care sunt implicațiile etice și considerentele privind confidențialitatea în utilizarea tehnologiilor avansate de diagnosticare (senzori, radare) și a inteligenței artificiale în sport, în special în ceea ce privește confidențialitatea datelor și consimțământul sportivilor?
RQ8		✓	Cum pot fi utilizate aceste tehnici de diagnosticare pentru a dezvolta strategii de prevenire a leziunilor și pentru a îmbunătăți bunăstarea generală a sportivilor?
RQ9	✓		Care sunt cei mai eficienți algoritmi AI și ML pentru a prezice leziunile și starea de sănătate a sportivilor?
RQ10		✓	Cum pot fi adaptate aceste tehnologii pentru fiecare sportiv în parte, luând în considerare profilurile lor fiziologice și psihologice unice?
RQ11		✓	Care sunt efectele pe termen lung ale utilizării acestor tehnologii asupra sănătății fizice și mentale a sportivilor?

Aceste QR (Tabelul 1.1) definesc în mod colectiv, în general, problemele experiențelor care stau la baza tezei de a utiliza progresele tehnologice pentru a îmbunătăți sănătatea, siguranța și performanța sportivilor, luând în considerare în același timp factorii de variabilitate individuală, economică și etică. Acestea abordează dezvoltarea tehnologică, analiza datelor, medicina personalizată, considerațiile etice, implementarea practică, impactul pe termen lung și influențele culturale și economice. Răspunsul la aceste probleme necesită o abordare multidisciplinară care integrează perspective din inginerie, informatică, medicina sportivă, etică, psihologie și sociologie.

1.3 Obiective de cercetare

Pentru a aborda diferitele puncte focale interdisciplinare, au fost stabilite trei piloni principali pentru teză: (S1) **Grupul de teză I - Tehnici și senzori avansați de diagnosticare la distanță**; (S2) **Grupul de teză II - Siguranța sportivă și prevenirea rănilor**; (S3) **Grupul de teză III - Predicția condițiilor de sănătate**. Pe baza problemelor de cercetare (RQ) definite în capitolul 1.2 și a pilonilor tezei, au fost stabilite obiective de cercetare (RO) specifice pentru abordarea acestor piloni, care reprezintă direcțiile de cercetare. Aceste RO (Tabelul 1.2) urmăresc să valorifice puterea AI, a învățării automate (ML) și a analizei avansate a datelor pentru a îmbunătăți diagnosticarea, formarea, reabilitarea și sprijinul pentru sănătatea mintală a sportivilor, îmbunătățind în cele din urmă performanța, siguranța și bunăstarea în sport.

Table 1.2: Obiectivele cercetării (RO)

ID	Obiectivul	Descriere generală a obiectivului
RO1	Îmbunătățirea în timp real diagnosticare și monitorizare	Dezvoltarea și perfecționarea sistemelor de diagnosticare și monitorizare în timp aproape real utilizând modele avansate de inteligență artificială și conducte bazate pe senzori pentru a sprijini sănătatea, performanța și siguranța sportivilor în diverse discipline sportive.
RO2	Sănătate bazată pe IA și predicția performanței	Investigarea și crearea de modele de predicție bazate pe inteligența artificială pentru evaluarea și îmbunătățirea stării de sănătate, a rezistenței și a performanței sportivilor, încorporând surse de date complete, cum ar fi markerii fiziologici sau factorii psihologici.
RO3	Dezvoltarea multilingvismului și colaborarea multimodală instrumente	Investigarea instrumentelor asistate de IA (soluții OCR în timp real) pentru recunoașterea și traducerea datelor vizuale și textuale în medii de colaborare multilingve și multiutilizator, sporind astfel eficiența diagnosticării și comunicării la distanță în sport și în alte domenii.
RO4	Optimizarea formării și procese de reabilitare	Formulați și implementați conducte tehnologice, cadre și metodologii controlate de IA pentru optimizarea regimurilor de antrenament, a proceselor de reabilitare și a consolidării performanțelor, asigurând abordări personalizate, adaptive și eficiente pentru dezvoltarea și recuperarea sportivilor.
RO5	Integrarea inteligenței artificiale în strategia analiză sportivă	Dezvoltarea de metode care utilizează tehnologii AI precum YOLO și YOLO-NAS sau OpenCV pentru urmărirea în timp real a jucătorilor și a obiectelor, extragerea strategiilor și analiza performanțelor, facilitând luarea deciziilor bazate pe date și dezvoltarea strategică în sport.
RO6	Abordări inovatoare pentru detectarea bolilor și prevenire	Investigarea și dezvoltarea unor conducte neinvazive, susținute de IA, pentru detectarea timpurie și monitorizarea bolilor și a anomaliilor de sănătate prin metode avansate de extragere a caracteristicilor, cu accent pe detectarea bazată pe voce și prevenirea contaminării încrucișate în cadrul evenimentelor sportive.
RO7	Psihologic și mental monitorizarea sănătății	Formularea și dezvoltarea tehnicilor AI și NLP pentru identificarea și intervenția timpurie a tulburărilor psihologice și de sănătate mintală, inclusiv burnout-ul și tulburările neurodegenerative, asigurând un sprijin cuprinzător pentru bunăstarea mintală a sportivilor.
RO8	Gamificarea și adaptarea îmbunătățiri ale formării	Investigarea și formularea de metode care combină gamificarea, inteligența artificială generativă și învățarea prin consolidare pentru a crea medii de antrenament atractive și adaptative, sporind motivația, performanța și implicarea psihologică a sportivilor.
RO9	Analiza cuprinzătoare a datelor pentru îmbunătățirea performanței	Dezvoltarea de metode de învățare retrospectivă cu ajutorul inteligenței artificiale, cu analiza datelor istorice pentru a identifica tendințele de performanță, a evalua strategiile și a stabili obiective realiste, sporind astfel eficiența programelor de antrenament și dezvoltarea generală a sportivului.

1.4 Metodologia cercetării

Luând în considerare tipul multidisciplinar al tezei, cercetarea prin metode mixte (MMR), care integrează tehnici calitative și cantitative cu ajutorul universităților implicate (UMA¹, UMFST², SAPIENTIA³, OBUDA⁴) și profesioniști ai sportului de performanță (antrenori, instructori, fizioterapeuți) din Ungaria și Japonia (Toyo University), a fost utilizat cu dezvoltatorii de strategii sportive după cum urmează:

1.4.1 Tehnici calitative

Focus-grupurile s-au concentrat asupra echipei de hochei pe gheață a Toyo University din Tokyo, dar s-au extins și la alte echipe sportive universitare. Testarea acestor algoritmi pe baza seturilor de date validate disponibile public a asigurat validitatea lor. Investigațiile la fața locului și cele conceptuale au fost utilizate pentru a oferi o înțelegere completă a mediului de siguranță sportivă. Arhitecturile de sistem propuse, algoritmi, modelele de învățare automată, hiperparametrii și soluțiile de teledetecție au fost examinate în detaliu. Analiza documentelor a cuprins o evaluare aprofundată a rapoartelor privind sportul și sănătatea, inclusiv sRPE/ACWR, epuizarea, starea de spirit și influența COVID-19.

1.4.2 Tehnici cantitative

Sondajele și chestionarele au fost esențiale pentru proiectarea sistemelor de senzori la distanță, în special a dispozitivelor portabile și a apărătorilor. Experimentele cu accelerometre tri-axiale și dispozitive de măsurare inerțială au completat sondajele. Aceste instrumente au furnizat date cuantificabile pentru a crea și distribui noi metode de monitorizare și analiză a sporturilor. Algoritmi de diagnosticare au fost perfecționați folosind observații sistematice în timpul diferitelor faze ale investigației. Cercetarea a convertit observațiile calitative de pe terenul de sport în date cantitative. Experimentele au fost esențiale în testarea ipotezelor formulate în timpul cercetării. Atât laboratorul controlat, cât și circumstanțele naturale de la fața locului au fost utilizate pentru a construi și testa PoT, PoC și MVP. Hocheiul pe gheață, alergarea, futsalul și fotbalul au fost utilizate pentru a testa corelațiile cauză-efect în viața reală. Aceste teste au fost publicate, extinzând cunoștințele privind tehnologia sportivă și siguranța jucătorilor.

¹UMA - University of Malaga

²UMFST - G.E. Palade University of Medicine, Pharmacy, Science, and Technology of Targu Mures

³SAPIENTIA - Sapientia Hungarian University of Transylvania, Targu Mures

⁴OBUDA - Physiological Controls Research Center, Óbuda University, Budapest

Concluzii

Toate obiectivele de cercetare enumerate în capitolul 1.3 au fost îndeplinite, rezultatele fiind publicate și distribuite. O sinteza a rezultatelor și contribuțiilor științifice în concordanță cu obiectivele de cercetare la nivel de grup de teză sunt prezentate în tabelul 2.1:

Table 2.1: Îndeplinirea obiectivelor de cercetare (OR) pe grupuri de teză și pe rezultate și contribuții științifice

Obiective de cercetare	Îndeplinirea obiectivelor	
ID și descriere RO succintă	Grup de teză	ID-urile tezelor
RO1: Îmbunătățirea în timp real diagnosticare și monitorizare	S1, S2, S3	1.1, 1.5, 1.2, 2.1, 3.3
RO2: Sănătate bazată pe IA și predicția performanței	S1, S3	1.6, 1.5, 3.1, 3.2
RO3: Dezvoltarea multilingvismului și colaborarea multimodală instrumente	S1	1.1, 1.3, 1.4
RO4: Optimizarea formării și procese de reabilitare	S1, S2, S3	1.6, 1.7, 2.1, 2.4, 3.4
RO5: Integrarea inteligenței artificiale în strategia analiză sportivă	S2	2.3, 2.4
RO6: Abordări inovatoare pentru detectarea bolilor și prevenire	S1, S3	1.7, 3.3
RO7: Psihologic și mental monitorizarea sănătății	S3	3.5, 3.6
RO8: Gamificarea și adaptarea îmbunătățiri ale formării	S3	3.4
RO9: Analiza cuprinzătoare a datelor pentru îmbunătățirea performanței	S2	2.2, 2.4

Conectivitatea dintre întrebările de cercetare (RQ1 - RQ11) și obiectivele principale de cercetare (RO1 - RO9) este ilustrată în tabelul 2.2. Acest tabel determină dacă întrebările de cercetare au fost abordate și analizate și dacă obiectivele științifice au fost îndeplinite cu succes.

Table 2.2: Interconectivitatea problemelor de cercetare (RQ) cu obiectivele de cercetare (RO)

Problema de cercetare (RQ)	Obiectivele cercetării (RO)	Grupul de teză
RQ1	RO2, RO3	S1, S2, S3
RQ2	RO1, RO4	S1, S2, S3
RQ3	RO3, RO5, RO9	S1, S2
RQ4	RO1	S1, S2, S3
RQ5	RO1, RO5	S1, S2, S3
RQ6	RO4, RO8	S1, S2, S3
RQ7	RO1..RO9	S1, S2, S3
RQ8	RO4, RO6	S1, S2, S3
RQ9	RO7	S3
RQ10	RO2, RO8	S1, S3
RQ11	RO9	S2

2.1 Rezultate și contribuții științifice

Constatările științifice au consecințe multidisciplinare importante pentru îmbunătățirea conductelor tehnologice actuale, a metodologiilor, a fluxurilor de lucru și a caracterului practic al metodelor bazate pe ML în domeniul siguranței sportive preventive în sporturile de performanță. Fiecare teză aduce contribuții și propuneri semnificative la unul sau mai multe domenii respective și introduce abordări și metode noi pentru abordarea provocărilor legate de senzori, diagnosticarea la distanță, siguranța sportivă, prevenirea rănilor și predicția condiției de sănătate. Tezele au un impact global și relevanță locală, iar rezultatele lor au fost publicate în mai multe publicații relevante.

Grupul de teze I.

Grupul de teze I (S1): Tehnici și senzori avansați de diagnosticare la distanță

Publicații proprii referitoare la această direcție de cercetare: [P1], [P2], [P3], [P4], [P5], [P6], [P7].

Teza 1.1

Obiective de cercetare (RO): RO1, RO3

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P1], [P2], [P3]

Am propus un pipeline tehnologic cu rulare aproape în timp real cu DETR pentru recunoașterea datelor vizuale și textuale pentru a sprijini traducerea viitoare a videoconferințelor multi-utilizator și multi-limba și pentru a îmbunătăți eficiența diagnosticării la distanță. Investigația textuală și VOD a analizat diferite scenarii pentru a oferi rezultate fiabile pentru un nou model de lucru colaborativ. În cazul conferințelor multilingve, designul propus poate fi utilizat pentru a pregăti un model fezabil de detectare a obiectelor vizuale (textuale) cu un număr modest de seturi de date de instruire specifice utilizând modelul DETR pentru a sprijini prelucrarea ulterioară a datelor, cum ar fi traducerea neuronală multilingvă. În ceea ce privește ajustarea nivelului de eficacitate, acesta depinde de gruparea sau clasele de obiecte, de calitatea și de cantitatea datelor de instruire. Experimentele au arătat că este posibil să se utilizeze modelul DETR pentru un număr restrâns de seturi de date de formare cu instrumente de colaborare în timp real pentru a consolida colaborarea multilingvă cu traducerea multilingvă.

Teza 1.2

Obiective de cercetare (RO): RO1

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P1], [P2], [P3]

Am efectuat o analiză aprofundată a celor mai promițătoare modele (cu diferite seturi de optimizari si hyperparameter tuning) de detectoare de obiecte în timp real YOLO, Detectron și DETR, fiecare cu diferite variații ale modelului pentru a determina performanțele lor în raport cu sarcina specifică și setul de date în cauză, rezultând o analiză comparativă care poate fi adoptată în experimentele VOD în timp real bazate pe instrumente de colaborare multilingve.

Teza 1.3

Obiective de cercetare (RO): RO3

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P1], [P2], [P3]

Am efectuat experimente de cercetare cu arhitecturi de modele CRNN și SVTR sintetice, multilingve, de formare pentru motoarele OCR bazate pe ML pentru (1) a testa posibilitatea recunoașterii multilingve generate sau sintetizate personalizat și (2) pentru a crește precizia și eficiența sistemelor OCR în timp real. Atât CRNN, cât și SVTR au oferit caracteristici inovatoare cu seturile încercate în comparație cu motoarele OCR convenționale. Configurațiile modelelor ML propuse au funcționat constant și au recunoscut textele multilingve/hibride cu o precizie ridicată. Cele mai mari scoruri de precizie au fost de 93,89 %, 91,35 % și, respectiv, 90,25 %.

Teza 1.4

Obiective de cercetare (RO): RO3

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P1], [P2], [P3].

Am propus o metodă de control vizual, care cuprinde vocabularul, distribuția și generarea de seturi de date single / multiline care facilitează reglarea preciziei setului de vocabular multilingv / sintetizat și pregătirea distribuției. Această precizie îmbunătățește acuratețea recunoașterii într-o gamă largă de limbi și scripturi. Sistemul OCR poate recunoaște și asimila anumite caracter-

istici vizuale ale fiecărei limbi prin alegerea cu atenție a unor exemple diverse și reprezentative pentru setul de date de instruire. Acest lucru determină o creștere semnificativă a preciziei de recunoaștere a textului și o scădere a erorilor, diferențiindu-l de metodele tradiționale. Adaptabilitatea sistemului este sursa originalității. Metoda are rezultate constant mai bune datorită monitorizării continue a performanței modelului OCR, modificării setului de vocabular multilingvistic și pregătirii distribuției. În plus, aceasta prezintă o versatilitate remarcabilă pentru a gestiona noi limbi (inclusiv tehnice, sau sintetice), scripturi sau texte specifice domeniului, ceea ce reprezintă un mare pas înainte în tehnologia OCR.

Teza 1.5

Obiective de cercetare (RO): RO1, RO2

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P4], [P5], [P6]

Am propus o arhitectura bazată pe senzori pentru estimarea cheltuielilor energetice de la distanță. Utilizarea unei combinații de date de senzor radar medical și accelerometru triaxial sau de tip IMU permit estimări mai precise ale cheltuielilor energetice, ceea ce poate ajuta la monitorizarea nivelului de condiție și a stării de recuperare a unui atlet. În plus, această metodă permite sportivului să își monitorizeze starea fiziologică și activitățile fizice în mod neinvaziv și continuu în timpul antrenamentelor și competițiilor. RPAI cu MET, RPE, sRPE și ACWR poate fi utilizat pentru a controla intensitatea sesiunilor de antrenament, asigurându-se că sportivul nu se suprasolicită sau se subantrenează.

Teza 1.6

Obiective de cercetare (RO): RO2, RO4

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P7], [P5], [P6]

Am propus un model de precogniție pentru controlul oboselii și al rezistenței asistat de AI, care poate fi adaptat sporturilor de performanță, care utilizează setul de date din seriile de date temporale multivariate generate de IMU și produce mai multe concluzii substanțiale cu implicații de mare anvergură asupra științei sportului și gestionării performanței sportivilor. Modelul LSTM prezintă o capacitate competentă de gestionare a sarcinii de clasificare

în cauză, iar performanța sa sugerează o abordare echilibrată a clasificării claselor binare. Cu toate acestea, având în vedere complexitatea și natura de “cutie neagră” a modelelor LSTM, o examinare atentă și o eventuală comparație cu alte modele ML, inclusiv cu cele mai simple, ar fi prudentă, în special în contexte în care interpretabilitatea și eficiența de calcul sunt cruciale. Prin prezicerea traiectoriei procesului de recuperare a unui atlet, modelul oferă recomandări bazate pe dovezi pentru duratele de odihnă și activitățile de recuperare care sunt adaptate nevoilor fiziologice ale atletului, maximizând astfel eficiența și eficacitatea recuperării.

Teza 1.7

Obiective de cercetare (RO): RO4, RO6

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P7], [P5], [P6]

Am formulat o metodă de “estimare a poziției umane 3D” bazată pe IA, care contribuie la planificarea strategică în cadrul antrenamentelor și competițiilor în sporturile de performanță, pentru a îmbunătăți performanțele atletice. Prin prezicerea traiectoriei procesului de recuperare a unui atlet, modelul oferă recomandări bazate pe dovezi privind duratele de odihnă și activitățile de recuperare care sunt adaptate nevoilor fiziologice ale atletului, maximizând astfel eficiența și eficacitatea recuperării. Perspectivile predictive asupra rezistenței și pragurilor de oboseală ale unui sportiv permit antrenorilor să ia decizii în cunoștință de cauză cu privire la intensitatea antrenamentului, programele de competiție și chiar strategiile de ritm strategic în timpul competiției. Acești senzori IMU sunt conectați la echipamentul sportivilor și furnizează date biomecanice esențiale, precum accelerația și viteza unghiulară. Utilizarea IA peste aceste date permite urmărirea și reglarea fină a performanțelor în mod neinvaziv. Antrenorii care au primit formare în interpretarea datelor pot utiliza aceste informații pentru a oferi un feedback prompt, pentru a optimiza intensitatea și tehnica antrenamentului în timp real și pentru a îmbunătăți eficiența sesiunilor, evitând în același timp efortul excesiv.

Grupul de teze II.

Grupul de teze II (S2): Siguranța sportivă și prevenirea leziunilor

Publicații proprii referitoare la această direcție de cercetare: [P1], [P2], [P5], [P8], [P9], [P10], [P11], [P12].

Teza 2.1

Obiective de cercetare (RO): RO1, RO4

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P8], [P1], [P5]

Am propus o metodă asistată de IA pentru procesul de reabilitare și de întărire a performanței. Cadrul controlat de IA aplicat la conducta de siguranță sportivă propusă a demonstrat o eficiență remarcabilă în creșterea competenței atletice atunci când a fost juxtapus paradigmelor de formare convenționale (de exemplu, analiza aprofundată a exercițiilor după o accidentare). În plus, aplicarea sa pare promițătoare în prevenirea posibilelor leziuni prin discernerea și modificarea modelelor de antrenament suboptimale și a derapajelor biomecanice. O îmbunătățire semnificativă a fost observată în mecanismul de feedback în timp real, permițând ajustări instantanee ale tehnicii. Aceste inovații nu numai că îi ajută pe sportivi să își depășească limitele în condiții de siguranță, dar asigură, de asemenea, că aceștia profită la maximum de sesiunile lor de antrenament, rămân fără accidentări și ating performanțe maxime în timpul competițiilor.

Teza 2.2

Obiective de cercetare (RO): RO9

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P9], [P10], [P12]

Am propus o arhitectura de detectare a leziunilor cerebrale pentru sporturile de performanță pentru detectarea în timp real a leziunilor și tumorilor după leziuni grave ale capului. Conducta tehnologică propusă cu modelele YOLO8 și YOLO-NAS vizează obținerea de rezultate transformative în sporturile de performanță (precum fotbalul american, rugby-ul sau hocheiul pe gheață). Am extins un pipeline tehnologic cu YOLO9 pentru a putea detecta pneumonia la timp. Capacitatea de a detecta rapid și corect problemele în timp real ar putea accelera semnificativ intervenția medicală, îmbunătățind timpii de recuperare și rezultatele pe termen lung pentru sportivi.

Teza 2.3

Obiective de cercetare (RO): RO5

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P1], [P2]

Am propus un pipeline tehnologic și o metodă pentru extragerea strategiilor sportive. Conducta, utilizând YOLO sau YOLO-NAS, detectează și urmărește jucătorii și obiectele în timp real, furnizând date privind mișcările și interacțiunile acestora. Aceasta încearcă să extragă elemente și modele strategice din datele urmărite pentru a ajuta la analiza performanțelor și la dezvoltarea de strategii. În plus, YOLO-NAS urmărește în special optimizarea arhitecturii rețelei pentru îmbunătățirea urmăririi și extragerii strategiilor, analizarea fezabilității extragerii strategiilor bazate pe ML și, în al doilea rând, validarea faptului că - în ceea ce privește metodele de învățare de tip retrospectiv - sportivii și antrenorii pot valorifica datele video istorice pentru a identifica tendințele, a analiza performanțele anterioare și a dezvolta programe de formare predictive, asistate de AI sau strategii adaptive pentru competițiile viitoare. Aceste rezultate vor facilita o nouă abordare bazată pe date pentru dezvoltarea sportivilor și a echipelor, îmbunătățind performanța și luarea deciziilor strategice în sport.

Teza 2.4

Obiective de cercetare (RO): RO4, RO5, RO9

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P10], [P1], [P11]

Am formulat o metodă de învățare de tip retrospectiv pentru siguranța sportivă și gestionarea antrenamentelor în sporturile de performanță (cu accent pe reabilitare și întărire) ca un activ AI de sprijin. Propuneri de valoare: (1) sportivii și antrenorii pot utiliza date video istorice pentru a analiza performanțele anterioare, a identifica tendințele și a evalua eficacitatea strategiilor și tacticilor utilizate în jocurile sau exercițiile anterioare; (2) prin analiza datelor istorice, sportivii și antrenorii pot identifica modele recurente, atât la nivel individual, cât și la nivel de echipă, care pot ajuta la înțelegerea punctelor forte, a punctelor slabe și a domeniilor de îmbunătățire; (3) învățarea retrospectivă permite sportivilor și antrenorilor să adapteze strategiile pe baza analizei performanțelor anterioare. Prin înțelegerea a ceea ce a funcționat bine în situații similare, aceștia pot modifica planurile de joc și pot lua decizii în cunoștință de cauză în timpul competițiilor viitoare; (4) analiza înregistrărilor video istorice poate oferi o perspectivă asupra progresului și dezvoltării abilităților unui sportiv de-a lungul timpului, ajutând antrenorii să conceapă programe de antrenament personalizate și să vizeze domenii specifice de îmbunătățire; (5) metodele de învățare retrospectivă pot fi utilizate pentru a stabili repere de performanță pe baza datelor istorice, permițând sportivilor și antrenorilor să stabilească obiective realiste și să urmărească progresul de-a lungul timpului.

Grupul de teze III.

Grupul de teze III (S3): Predicția condiției de sănătate

Publicații proprii referitoare la această direcție de cercetare: [P13], [P4], [P14], [P15], [P11], [P1], [P16], [P17].

Teza 3.1

Obiective de cercetare (RO): RO2

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P13], [P4]

Am propus o metodă de “detector de minciuni privind starea de rezistență” care poate ajuta antrenorii să obțină un feedback obiectiv cu privire la sănătate, rezistența și starea sportivilor (la nivel individual și de grup). Modelele de predicție sRPE și ACWR bazate pe IA au potențialul de a fi aplicate în diferite sporturi și populații, inclusiv sportivilor amatori, pasionaților de sporturi recreative și diferitelor grupuri de vârstă. Ca una dintre liniile de dezvoltare viitoare, modelele de predicție ACWR bazate pe IA pot beneficia de încorporarea mai multor surse de date, cum ar fi markerii fiziologici, calitatea somnului, nutriția și factorii psihologici. Aceste surse de date suplimentare pot contribui la crearea unor modele mai cuprinzătoare și mai precise, îmbunătățind capacitatea de predicție pentru ACWR și scorurile de oboseală.

Teza 3.2

Obiective de cercetare (RO): RO2

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P14], [P15], [P11]

Am formulat o metodologie îmbunătățită propusă pentru mediul HPC pentru a valida mai întâi corelația dintre analiza sentimentelor și rezistență, urmată de o analiză multivariată a corelației dintre rezistență, sentimentele bazate pe text și oboseală pentru a evalua efectul lor combinat.

Teza 3.3

Obiective de cercetare (RO): RO1, RO6

Importanța: impact global cu relevanță locală

Relevant publications: [P16], [P15], [P14]

Am formulat o metodă complexă de pipeline susținută de AI care a combinat cele mai avansate metode de extragere a caracteristicilor (de exemplu, HNR, MFCC, înălțimea vocii, Jitter și Shimmer) pentru a detecta bolile utilizând o extragere complet personalizată a caracteristicilor pe mostre de voce. Am început cu COVID-19 și după aceea am extins cercetarea cu alte boli și detectarea anomaliilor de sănătate. Pe baza experimentelor efectuate, detectarea bolilor pe bază de voce cu ajutorul AI prezintă rezultate promițătoare și oferă o abordare nouă, neinvazivă, rentabilă și scalabilă pentru identificarea și monitorizarea diferitelor boli (de exemplu, COVID-19 și alte boli respiratorii contagioase). Cel mai important rezultat al metodei propuse este că aceasta nu numai că sprijină personalul sportiv profesionist în prezicerea bolilor din eșantionul de voce în timp aproape real, dar previne contaminarea încrucișată în cadrul evenimentelor sportive.

Teza 3.4

Obiective de cercetare (RO): RO4, RO8, RO9

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P4], [P7], [P13], [P14], [P11], [P17]

Am dezvoltat un concept de activ motivant pentru sporturile de performanță prin combinarea efectelor sinergice ale gamificării, inteligenței artificiale generative și învățării prin consolidare (RL). Această tehnică se distinge prin faptul că sporește implicarea psihologică prin încorporarea caracteristicilor gamificate și formarea fizică prin situații dinamice adaptate. Ea abordează în mod eficient atât aspectele fizice, cât și cele psihice ale performanței sportive într-un cadru tehnologic cuprinzător. Integrarea gamificării și a GenAI în sporturile de echipă de performanță este revoluționară deoarece combină motivația psihologică și inovarea tehnologică adaptivă într-un mod sinergic. Sistemele GenAI îmbunătățite cu învățarea prin consolidare (RL) îmbunătățesc și ajustează parametrii de antrenament în timp real, cum ar fi intensitatea, durata, rezistența. Acest lucru se realizează prin evaluarea unor cantități mari de date privind performanța individuală, inclusiv evaluarea subiectivă a efortului perceput (sRPE), echivalentul metabolic (MET) și ACWR. Gamificarea îmbunătățește motivația sportivilor, ducând la o creștere cu 20-30 % a ratelor de finalizare

fără a necesita solicitări suplimentare din partea antrenorilor.

Teza 3.5

Obiective de cercetare (RO): RO7

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P14], [P15], [P11]

Am formulat o metodă de identificare a burnout-ului într-un stadiu incipient al sportului de performanță prin intermediul comunicării scrise, combinată cu analiza sentimentelor. Această cercetare este esențială pentru înțelegerea semnelor psihologice ale burnout-ului și a metodelor de măsurare a acestuia, împreună cu expertiza în NLP și tehnicile de analiză a sentimentelor. Colectarea datelor textuale ale sportivilor, cum ar fi jurnalele sau interviurile cu feedback-urile post-antrenament, este crucială, împreună cu posibile măsurători ale rezistenței sau oboselii. Rolul IA, în special al modelelor avansate, precum BERT sau GPT-3, este de a analiza aceste texte, discernând sentimentele subiacente care pot indica epuizarea. Am investigat fezabilitatea unei abordări bazate pe IA pentru intervenția proactivă, permițând măsuri în timp util pentru a preveni epuizarea. Capacitățile predictive ale IA pot identifica semnele timpurii de epuizare, chiar înainte ca simptomele evidente să se manifeste. Acest lucru permite intervenții în timp util, prevenind potențial epuizarea și îmbunătățind bunăstarea generală a sportivilor. Modelul a arătat că există o variabilitate semnificativă în modul în care indivizii răspund la sarcinile de antrenament și la factorii de stres. Perspectivele și recomandările personalizate, adaptate la profilul unic al fiecărui sportiv, sunt vitale.

Teza 3.6

Obiective de cercetare (RO): RO7

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P1], [P14], [P11], [P1]

Am formulat o metodologie complexă, neinvazivă, bazată pe ML și NLP, pentru a identifica markerii timpurii din textul scris, combinată cu analiza sentimentală a tulburărilor de sănătate mintală (cum ar fi depresia, anxietatea, tulburările psihotice, boala Alzheimer și demența) și a tulburărilor neurodegenerative (cum ar fi boala Parkinson). Conducta implementată de analiză a sentimentelor și a textului analizat de IA pare a fi un instrument promițător de detectare a anomaliilor de sănătate mintală de nouă generație pentru detectarea timpurie și monitorizarea continuă a sănătății mintale și a NDD. Cu toate acestea, aceste metode sunt complementare și nu pot înlocui procesul de evaluare clinică nuanțată în stadiul actual. Cercetările viitoare trebuie să rafineze algoritmi AI pentru a ține seama de diversitatea lingvistică și de context, abordând în același timp considerații etice privind utilizarea datelor și confidențialitatea. Rezultatele așteptate ale metodei în domeniul sportiv devin din ce în ce mai vitale, în special pentru recunoașterea timpurie a problemelor de sănătate mintală și a precursorilor NDD în rândul sportivilor. Solicitățile fizice intense, stresul psihologic al competiției și natura de mare impact a multor sporturi pot precipita sau agrava afecțiuni precum depresia sau anxietatea.

Teza 3.7

Obiective de cercetare (RO): RO7

Importanța: impact global cu relevanță locală

Publicații pertinente: [P9], [P10]

Am formulat o metoda pentru detectarea pneumoniei în timp real, cu o abordare complexă, neinvazivă. Utilizarea YOLOv9 în diagnosticare pentru detectarea precoce a simptomelor pneumoniei la sportivi ar putea îmbunătăți îngrijirea respiratorie. Precizia a fost ridicată după o pregătire și o validare riguroasă, sugerând fiabilitatea sa în situații de performanță sportivă. Prin interpretarea promptă și precisă a radiografiilor toracice, abordarea reduce impactul pneumoniei asupra sănătății și carierei sportivilor. Rezultatele promovează medicina sportivă și pneumologia și creează un precedent pentru integrarea IA în sectoare ale medicinei preventive.

Perspective și direcții de cercetare viitoare

3.1 Perspective

Am început să înțeleg siguranța sportivă și detectarea anomaliilor bazate pe IA înainte de a-mi începe studiile de doctorat în informatică (UMFST) și științe ale sănătății (UMA). Cu o curbă de învățare abruptă, cursul de doctorat cotutelă m-a ajutat să înțeleg acest subiect eterogen din perspectiva sportului, medicinei, informaticii și psihologiei. Detectarea timpurie a anomaliilor, leziunilor, tulburărilor de sănătate mintală și neurogenerative sau a bolilor legate de sport, combinată cu utilizarea senzorilor (de exemplu, senzori radar medicali, accelerometre 3-axiale, IMU) pentru a studia oboseala, rezistența, recuperarea/reabilitarea, potențată de AI, a deschis multe direcții noi de cercetare în predicția oboselii, atenuarea leziunilor și optimizarea performanței. După un an de perseverență și perseverență în această călătorie, programul de doctorat este doar o etapă și va continua în faza postdoctorală.

Noul ciclu de cercetare va oferi noi provocări (a se vedea secțiunea 3.2.4), cum ar fi cercetarea intensivă a cunoștințelor privind tulburările mintale și neurodegenerative, a cărei primă fază este prezentată în părțile și publicațiile conexe ale “Grupului III de declarații de teză”. Intenționez să continui testele de cercetare inițiate într-un mediu de supercalculatoare (HPC), completate cu probe audio și apoi video, cu un accent special pe geolocalizare și limbi vorbite pentru a îmbunătăți eficacitatea analizei sentimentelor. În general, durata intervenției, parametrizarea analizelor de sentimente pentru un anumit grup țintă, caracteristicile seturilor de date și capacitatea de calcul necesară au îngreunat analiza datelor la o scară mai largă (de exemplu, geolocalizarea sau segmentarea lingvistică), făcând imposibilă includerea acestora într-o teză de doctorat care a coincis cu o pandemie și constrângerile rezultate. Cu toate acestea, importanța concluziilor studiului face ca acesta să fie una dintre axele principale ale secțiunii de doctorat. Un alt obiectiv major al fazei postdoctorale este crearea unei infrastructuri și a unui algoritm AI în timp real pentru detectarea timpurie și prediagnosticarea de la distanță a traumelor, leziunilor sau anomaliilor de sănătate cauzate de coliziuni (de exemplu, hochei pe gheață, fotbal american, rugby) pentru a preveni complicații viitoare sau probleme mai grave. Această abordare ar putea îmbunătăți siguranța sportivă în sporturile de echipă cu risc ridicat de accidentare. În ceea ce privește anomaliile, intenționez să creez un indice ambulatoriu de stratificare a severității și de recuperare/reabilitare care să permită stratificarea

pacienților sportivi competitivi în funcție de severitatea afecțiunii lor, precum și posibilitatea de a implica pacienții în diferite etape ale proceselor și metodologiilor propuse discutate în tezele din “Tesis Statements Group II” din această teză. O altă direcție viitoare de luat în considerare (“Tesis Statements Group I”) este dezvoltarea unui sistem colaborativ de diagnosticare prin transfer de cunoștințe de la distanță, care să permită colaborarea specialiștilor care lucrează în domenii diferite și vorbesc chiar limbi diferite pentru a sprijini diagnosticarea și analiza precoce și rapidă a bolilor complexe, precum și dezvoltarea unor tratamente eficiente și personalizate (a se vedea secțiunea 3.2.1). O altă tendință viitoare de luat în considerare este gestionarea oboselii prin creșterea rezistenței în sporturile de performanță prin validarea chestionarelor și a testelor utilizate în mod obișnuit în cercetare și în practica clinică, dar care nu au fost supuse analizei psihometrice necesare pentru a obține o înțelegere mai profundă a proprietăților utilizării lor în funcție de geolocație și de grupa de vârstă.

În mod similar, publicațiile incluse în teză (legate de grupul I, II și III de afirmații ale tezei) evidențiază lipsa metodelor și tehnicilor pentru evaluarea directă in vivo a exercițiului in vivo, care sunt aplicabile atât în cercetare, cât și în practica clinică, precum și potențialul inteligenței artificiale. Ca urmare, ar trebui continuată investigarea și dezvoltarea de noi metodologii interdisciplinare care utilizează IA. În cele din urmă, pe lângă studiul aplicării practicilor, cercetărilor și evoluțiilor conexe, activitatea desfășurată în timpul tezei de doctorat și a rezidențelor aferente a dus la formarea unei echipe recunoscute la nivel internațional de profesioniști din sportul competitiv cu care cercetarea poate fi continuată, metodologiile și procesele dezvoltate și validate în diferite discipline sportive. Această procedură permite dezvoltarea continuă a metodologiei de învățare retrospectivă și a abordării învățării multimodale. Această linie de cercetare, care completează teza de doctorat privind detectarea precoce a sănătății mintale și a tulburărilor neurodegenerative, a început cu cercetarea preliminară într-un mediu de supercomputer, care va pregăti modelarea seturilor de date pentru predarea optimă a limbajului sintetic într-o colaborare multidisciplinară. Anomaliile de limbaj metalingvistic, tulburările mintale și neurodegenerative ar trebui nu numai să fie recunoscute, ci și înțelese în termeni de modele și specificități. În faza postdoctorală, această linie de studiu va căuta să creeze noi metode, modele îmbunătățite, publicații și teste și proceduri specializate pentru punerea în aplicare a protocoalelor și a intervențiilor asincitice.

3.2 Direcții viitoare de cercetare

3.2.1 Planuri de viitor în domeniul consultanței la distanță și al diagnosticării colaborative

În faza postdoctorală, aș dori să extind experimentele tezei la un mediu HPC, unde vor fi utilizate pentru învățarea federată și prelucrarea distribuită a datelor, combinate cu metode de adaptare la domeniu și de învățare nesupravegheată utilizând eșantionarea dinamică a datelor și abordarea îmbunătățirii continue a modelului.

3.2.2 Direcții viitoare cu radare medicale și accelerometre cu trei axe

Pe termen lung, în colaborare cu echipe universitare (de exemplu, Toyo University din Japonia) intenționez să pun în aplicare un program de cercetare - privind controlul oboselii și al rezistenței bazat pe seturi de date de serii temporale multivariate (MTS) - care să îmbunătățească sănătatea sportivilor și longevitatea performanței. Îmbunătățirea stării generale de sănătate a sportivilor și prelungirea longevității carierelor lor de performanță printr-o abordare bazată pe date a gestionării sarcinii de antrenament este un obiectiv esențial. Se așteaptă ca acest pilon al tezei privind controlul oboselii și al rezistenței asistat de IA pentru sporturile de performanță, bazat pe analiza seturilor de date de serii de timp multivariate generate de IMU, să conducă la descoperiri. Liniile potențiale de dezvoltare viitoare sunt următoarele: (1) *Avansare algoritmică cu întărire* și (2) *Integrarea senzorilor*.

3.2.3 Traiectorii de cercetare propuse privind detectarea pneumoniei în sport

Au fost identificate mai multe priorități strategice pentru a îmbunătăți eficacitatea și utilitatea sistemului de detectare a pneumoniei bazat pe IA: (1) este esențial să se adauge mai multe radiografii toracice diverse de la sportivi la setul de date de formare; (2) sistemul AI ar putea detecta mici nereguli pe care razele X nu le pot detecta prin conectarea datelor fiziologice, cum ar fi ritmul cardiac și rata respirației, cu datele de imagine; (3) dezvoltarea modelului va îmbunătăți procesarea în timp real pentru a reduce latența. În cele din urmă, aplicarea acestui sistem de IA la fracturile de stres și la anomalile cardiace ar putea avea un impact enorm asupra medicinei sportive.

3.2.4 Traectorii de cercetare propuse privind prevenirea bolilor și leziunilor

Unul dintre principalele obiective viitoare ale acestei linii de teză este de a efectua o investigație cuprinzătoare utilizând un set de date validat, îmbunătățind în același timp modelul prin încorporarea analizei vorbirii într-un mediu de calcul de înaltă performanță (HPC). Viitoarele linii de dezvoltare a IA vor oferi o identificare mai sensibilă, specifică și în timp util a sănătății mintale și a NDD, conducând în cele din urmă la rezultate mai bune pentru pacienți prin îngrijire precoce și personalizată. Traectoria IA în precogniția sănătății mintale și a NDD: (1) *Extinderea analizei vocii*; (2) *Înțelegerea limbajului contextual și idiomatic*; (3) *Integrarea neuroimaginei*; (4) *Corelări genomice*; (5) *Monitorizarea în timp real a dispozitivelor portabile*; (6) *Fenotiparea digitală*; (7) *Guvernarea etică a datelor* și (8) *Educația IA*.

Fiecare dintre aceste linii de dezvoltare vizează *îmbunătățirea preciziei, fiabilității și integritatea etică a aplicațiilor AI* în îngrijirea sănătății mintale și a bolilor neurodegenerative, promițând un viitor al soluțiilor de asistență medicală personalizate și proactive pentru platformele sportive de performanță și soluții de siguranță sportivă. *Ideea dezvoltării viitoare ca următoarea fază a detectării epuizării*: scopul este de a investiga în detaliu, cu un set de date validat, corelația dintre analiza sentimentelor și rezistența sau oboseala într-un mediu HPC. Faza actuală a cercetării și-a atins limitele în mediul Google Colab Pro. *Ideea dezvoltării viitoare a recuperării personalizate*: în primul rând, intenționez să aprofundez colaborările dintre dezvoltatorii AI și psihologii sportivi pentru a dezvolta instrumente care oferă o perspectivă asupra bunăstării mentale a sportivilor. Se așteaptă ca regimurile de antrenament personalizate să utilizeze modele DL pentru a interpreta datele biometrice. Pentru a depăși aceste obstacole, au fost concepute soluții pentru primii utilizatori. Intenționez să explorez sinergiile dintre IA și genomică pentru a revoluționa antrenamentul sportiv cu ajutorul informațiilor privind predispozițiile genetice în etapele ulterioare. Convergența dintre NN și biomecanică poate ajuta sportivii să optimizeze performanța prin îmbunătățirea modelelor de mișcare. Tehnologia purtabilă ar putea reveni ca colectori de date și interpreți inteligenți cu sfaturi utile.