

Teză de abilitare

Domeniul: Informatică

Inteligență aplicată - Învățare automată în tehnologii și sisteme interdisciplinare

Conf. dr. Alexandra Băicoianu
Facultatea de Matematică și Informatică
Universitatea Transilvania din Brașov

Agendă

- ▶ Realizări științifice și profesionale
 - ▶ Introducere și motivație
 - ▶ Capitol 1. Inteligența artificială în observarea Pământului și monitorizarea agricolă
 - ▶ Capitol 2. Inteligența artificială pentru monitorizare, diagnostic și optimizare în sisteme complexe
 - ▶ Capitol 3. Modele computaționale și comportamente inteligente
- ▶ Plan de evoluție și dezvoltare a carierei
 - ▶ Direcții viitoare de cercetare
 - ▶ Evoluție didactică
 - ▶ Planuri de dezvoltare academică

Introducere și motivație

Educație și formare

- ▶ 2007 Specializarea *Matematică și Informatică*, Facultatea de Matematică și Informatică, Universitatea Transilvania din Brașov
 - ▶ Titlu lucrare de licență - *Metode numerice pentru rezolvarea de ecuații diferențiale: Metoda elementului finit și FreeFem++*, coordonator Prof. dr. Ernest Scheiber
- ▶ 2008 Master *Algoritmi și produse software*, Facultatea de Matematică și Informatică, Universitatea Transilvania din Brașov
 - ▶ Titlu lucrare de disertație - *Algoritmi distribuiți*, coordonator Prof. dr. Ernest Scheiber
- ▶ 2016 Doctorat în Informatică, Facultatea de Matematică și Informatică, Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca
 - ▶ Titlu lucrare de doctorat - *Some other issues in discrete optimization*, coordonator Prof. dr. Milon Frențiu (colaborare cu Prof. dr. Liana Lupșa)

Introducere și motivație

Experiență profesională

Universitară

- ▶ Conferențiar la Facultatea de Matematică și Informatică din 2024
- ▶ Coordonator PS Informatică Aplicată
- ▶ Prodecan cu activitatea studenților, asigurarea calității și internaționalizare

În industria IT

- ▶ 2013 - 2015, Trainer de C++/Hadoop la Route 66/Magic Lane
- ▶ 2015 - prezent, programator și cercetător la Siemens Industry Software
 - ▶ Activitate de cercetare în diverse proiecte naționale și internaționale
 - ▶ Elaborare de curriculum pentru programe specifice pentru studenți și angajați, școli de programare (învățare bazată pe proiecte practice și interdisciplinare)
 - ▶ Sesiuni de training pentru ingineri

Introducere și motivație

Activitate didactică

- ▶ (Selecție) Cursuri ținute în prezent la *Universitatea Transilvania din Brașov*
 - ▶ Algoritmi Fundamentali (An 1, Informatică și Informatică Aplicată)
 - ▶ Limbaje formale și compilatoare (An 2, Informatică și Informatică Aplicată)
 - ▶ C++ modern aplicat în inteligență artificială (An 2, Informatică Aplicată)
 - ▶ Programare în Python pentru aplicații ingineresti (Master, Simulare și Testare în Inginerie Mecanică)
 - ▶ Data mining (Master, Tehnologii Internet (limba engleză))
 - ▶ Aplicații ale inteligenței artificiale în educație și formare (Master, Psihologie și Științe ale Educației)
- ▶ Coordonator a peste 150 de lucrări de licență/disertație în domenii precum: învățare automată și inteligență computațională, prelucrarea și analiza datelor, optimizare multicriterială, LLM-uri în aplicații multidisciplinare, sisteme de teledetecție și procesare de imagini **>10 publicații științifice**
- ▶ Votat anual printre primii 3 cei mai apreciați profesori
- ▶ Inițiere și formare a unor asistenți (actual doctoranzi)

Introducere și motivație

Activitate de cercetare - Proiecte în desfășurare

- ▶ **NEMOSHIP** (New modular Electrical architecture and digital platform to Optimise large battery systems on SHIPs), HORIZON.2.5, Climate, Energy and Mobility
- ▶ **AI4AGRI** (Romanian Excellence Center on Artificial Intelligence on Earth Observation Data for Agriculture), HORIZON.4.1 - Widening participation and spreading excellence
- ▶ **IMINT** (IMage INTelligence for the Black Sea), PN-IV-P6-6.3-SOL-2024-0124, 21Sol(T21)/2024
- ▶ **AI4RISK** (Platform for Fusion and Management of Multi-source Data Collections), 3Sol(T3)/02.09.2024, PN-IV-P6-6.3-SOL-2024-2-0251
- ▶ **DITARTIS** (Digital Technologies and AI Solutions for Electromechanical and Power Systems Applications), HORIZON-WIDERA-2021-ACCESS-03, responsabil instituție
- ▶ **INVENT** (Innovative Multi-Life Battery Management System for future energy storage solutions), PN-IV-P7-7.1-PED-2024-1479, responsabil instituție

DiTArtIS

- ▶ Tip proiect: HORIZON-WIDERA-2021-ACCESS-03
- ▶ Perioadă proiect: 2022 - 2025/2026 (raportare finală în 2026)
- ▶ WP2. Twinning and Networking - Horizon Europe Pillar 2 (Global Challenges and European Industrial Competitiveness)/Climate, Energy and Mobility and Digital
 - ▶ RT1 Digital transformation for green energy transition
 - ▶ RT2 **AI and digital solutions for EMS and PS** (RS3 - AI-based electrical machines and drives (design, analysis, control, testing), **RS4 - Data driven condition monitoring and predictive maintenance in EMS**)
- ▶ WP3. Mentoring (CoachConnect, 18 luni)
- ▶ WP4. Training (*Introduction to Artificial Intelligence, Research data management and open science, Digital Twin, Management of Technology transfer & Innovation and Entrepreneurship, Advanced tools for condition monitoring and fault diagnosis of electromechanical devices etc.*)

DiTArtIS

- ▶ Colaborare intensă cu Universitatea Politehnica din Valencia, Dr. J.E. Ruiz-Sarrio și Prof. J.A. Antonino-Daviu (Senior Member, IEEE)
- ▶ Colaborarea cu UTCN este consolidată și extinsă, prin inițiative comune: *Centru de excelență pentru tehnologii destinate mobilității electrice (T4EMOB)*, Proiect PED *INVENT*, Proiect HORIZON-RIA, *ELEVATE (Electric Vehicle Lifetime Extension Through Physics-Informed Deep Learning and Holistic Monitoring Framework)* etc
- ▶ Selecție a principalelor rezultate
 - ▶ A. Baicoianu, A. Kerestely, J.E. Ruiz Sarrio, J.A. Antonino-Daviu, *A Practical Approach to Bearing Fault Detection using Pretrained ResNet18*, *International Conference on FUTURE ENERGY SOLUTIONS 2025*
 - ▶ D. Stoica, I. Popa, A. Baicoianu, *Automated Model Interpretation, Pattern Analysis and Insights in Explainable AI*, *Innovative Perspectives on Computational Intelligence and Data Science 2025*
 - ▶ J.E. Ruiz Sarrio, A. Baicoianu, A. Kerestely, *Beyond the Black Box: xAI and Transfer Learning for Smarter Bearing Fault Diagnosis*, *Universitatea Politehnica din Valencia*, 2025

INVENT

- ▶ Tip proiect: Proiect experimental demonstrativ (PED)
- ▶ Perioadă proiect: 2025/2026
- ▶ Domeniu: 2. Climă, energie și mobilitate; Energie și mobilitate, Subdomeniu 2.1. Tranziția sectorului energie către neutralitate și reziliență climatică
- ▶ Obiectiv: dezvoltarea unui sistem avansat de management al bateriilor (BMS), conceput să fie agnostic, versatil, independent de chimia bateriei și complet reutilizabil. Sistemul este special proiectat pentru a răspunde cerințelor în continuă evoluție legate de reutilizarea bateriilor vehiculelor electrice în a doua viață (Second Life Batteries - SLB), cu aplicabilitate în sisteme fixe de stocare a energiei. TRL2->TRL 4
- ▶ **WP2. Software development, Task 2.3.** (gestionare date, rescrierea/actualizarea software BMU direct din cloud, utilizarea algoritmilor de învățare automată pentru a analiza comportamentul bateriilor și a genera parametri BMS evolutivi, analizați din datele istorice ale bateriei).

Hardware development: integrarea software-ului dezvoltat în sistemele embedded ale BMU (RT-SIL)

Introducere și motivație

Interese de cercetare: Sisteme și aplicații inteligente

Arii de cercetare și contribuții

- ▶ Aplicații în contexte interdisciplinare - 26 de contribuții
- ▶ Tehnici și algoritmi de optimizare - 16 contribuții
- ▶ Modelare predictivă și analiză de date - 9 contribuții
- ▶ Monitorizare inteligentă a condițiilor de funcționare utilizând AI - 6 contribuții
- ▶ Aplicații în geostiință și teledetecție - 9 contribuții

Portofoliu de publicații și indexare

- ▶ Lucrări indexate ISI 22 (9 jurnale, 13 conferințe)
- ▶ Lucrări indexate BDI (Scopus), excluzând articolele indexate Web of Science (ISI): 24
- ▶ Lucrări în volumele conferințelor 13 (ISI) + 17 (Scopus)

Capitol 1. Inteligența artificială în observarea Pământului și monitorizarea agricolă

► Obiectivul principal:

- Utilizarea modelelor bazate pe analiză de date pentru clasificarea tipurilor de utilizare a terenurilor, monitorizarea culturilor și evaluarea mediului, având la bază **imagini satelitare**.

► Contextul cercetării:

- Numeroase dintre contribuțiile prezentate în acest capitol au fost dezvoltate și rafinate în cadrul proiectului European, HORIZON.4.1 - Widening participation and spreading excellence, **AI4AGRI - Romanian Excellence Center on Artificial Intelligence for Earth Observation Data in Agriculture** (parteneri: University of Rome Tor Vergata, The Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT))
- În calitate de cercetător afiliat *Universității Transilvania*, rolul meu a implicat procesarea imaginilor multi- și hiperspectrale utilizând **metodologii de învățare automată** pentru **agricultură de precizie**, activitate desfășurată în colaborare cu echipa proiectului AI4AGRI.
- Echipa AI4AGRI a fost distinsă cu premiul "**Horizon Europe Research Teams Awards**" (UEFISCDI), evidențiind contribuția sa semnificativă la creșterea vizibilității României în programele europene de cercetare.

Capitol 1. Inteligența artificială în observarea Pământului și monitorizarea agricolă

Provocări cheie și tematici abordate în acest capitol:

- **I. Vizualizarea inteligentă și interpretarea indicilor de vegetație**

Explorarea metodelor avansate pentru înțelegerea datelor satelitare și extragerea de informații relevante din indicii de vegetație.

- **II. Agregarea datelor multisursă și crearea unor noi seturi de date pentru clasificarea culturilor**

Integrarea eficientă a informațiilor din surse variate și crearea unui nou set de date robust pentru o clasificare precisă a culturilor.

- **III. Perspective și studii de corelație în monitorizarea agricolă bazată pe observarea Pământului**

Extragerea de informații valoroase și identificarea relațiilor cheie prin studii aprofundate în monitorizarea agricolă. Focusul este pe analiza dinamicii temporale și a relațiilor specifice culturilor agricole pentru a dezvolta modele AI adaptative și fiabile în agricultura de precizie.

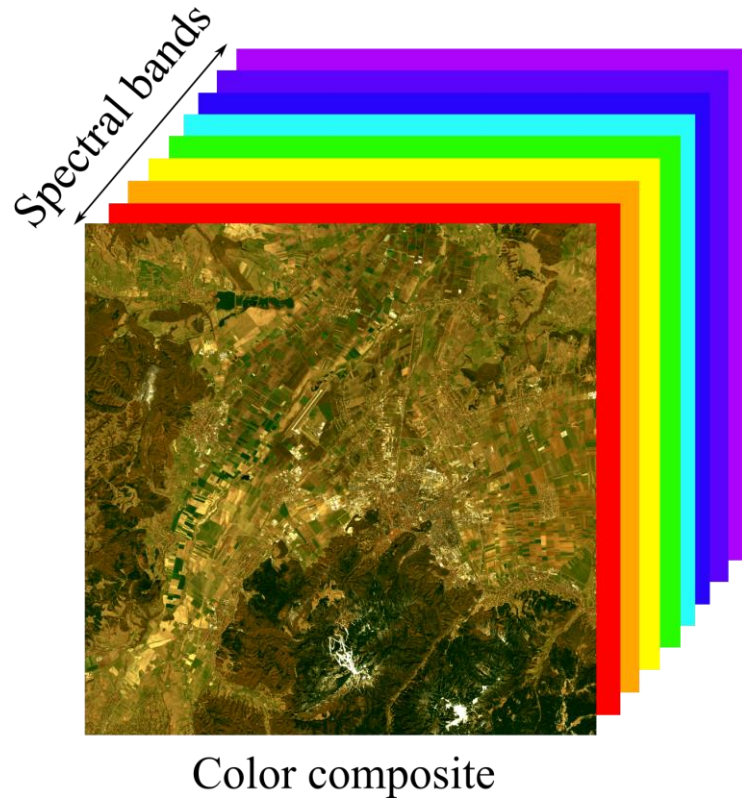
Capitol 1. I. Vizualizarea inteligentă și interpretarea indicilor de vegetație

(I.1) Printre problemele abordate în cadrul cercetării se numără și **problema vizualizării** de înaltă calitate a imaginilor spectrale obținute de la diferiți sateliți, dar și **interpretarea indicilor de vegetație**.

Rezultate cheie evidențiate

- ▶ I.C. Plajer, A. Baicoianu, L. Majercsik, M. Ivanovici, 2024 - Multisource Remote Sensing Data Visualization using Machine Learning, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* [133]
- ▶ I.C. Plajer, A. Baicoianu, L. Majercsik, 2023 - AI-Based Visualization of Remotely-Sensed Spectral Images, *2023 International Symposium on Signals, Circuits and Systems* [131]
- ▶ I.C. Plajer, A. Baicoianu, M. Ivanovici, 2025 - Multispectral Image Visualization and NDVI-based Anomaly Detection, *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series III: Mathematics and Computer Science* [130]
- ▶ I.C. Plajer, A. Baicoianu, L. Majercsik, M. Ivanovici, 2023 - NDVI Computation from Hyperspectral Images, *Hyperspectral Imaging and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing (WHISPERS)* [132]

Capitol 1. I. Vizualizarea inteligentă și interpretarea indicilor de vegetație - Problematica

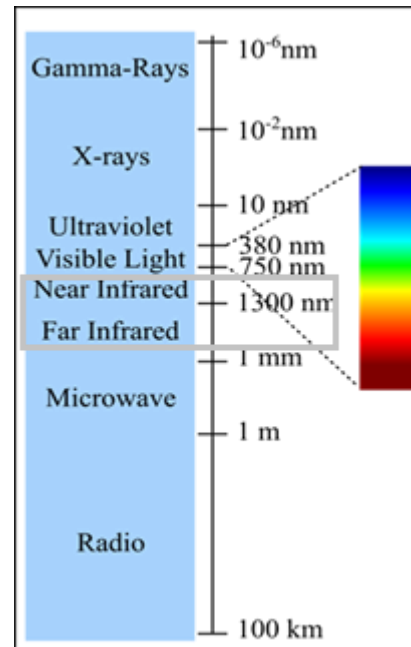
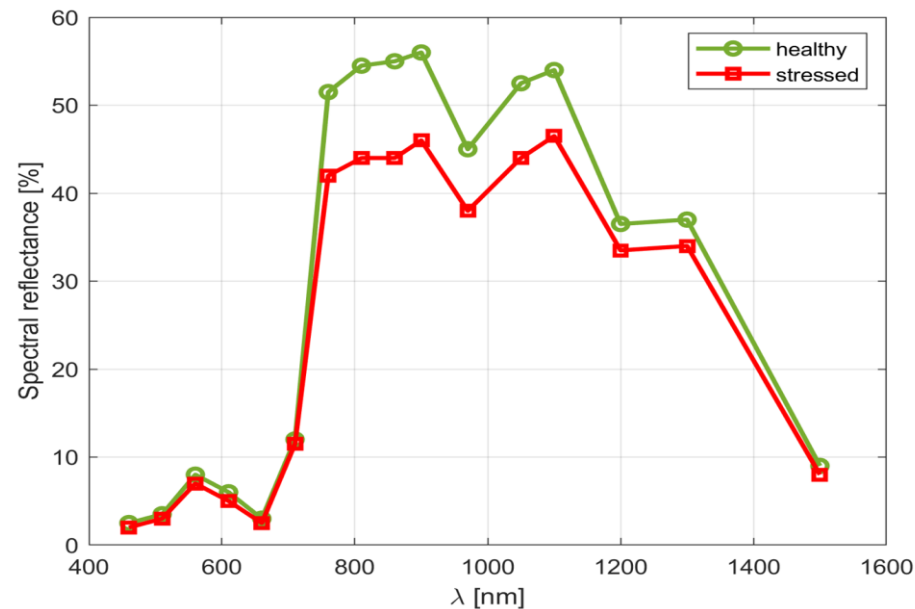


- Datele satelitare oferă informații valoroase pentru numeroase aplicații în observarea Pământului, monitorizarea secetei, detectarea timpurie a culturilor, monitorizarea culturilor și altele - Sentinel, Landsat, PRISMA, etc.
- Imagini **Multispectrale** - Sentinel 2 (13 benzi spectrale), Landsat 9 (11 benzi spectrale)
- Imagini **Hyperspectrale** - PRISMA (66 benzi - VNIR și 173 benzi SWIR)

Capitol 1. I. Vizualizarea inteligentă și interpretarea indicilor de vegetație - Problematika

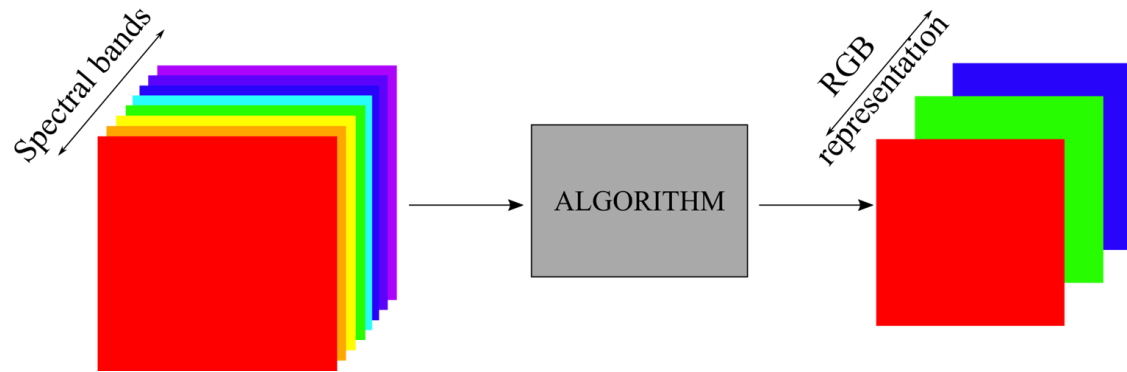
Importanța unui spectru larg

- Spectrul vizibil - un interval foarte mic al spectrului electromagnetic
- Informații relevante pentru observarea Pământului sunt (de obicei) în afara spectrului vizibil

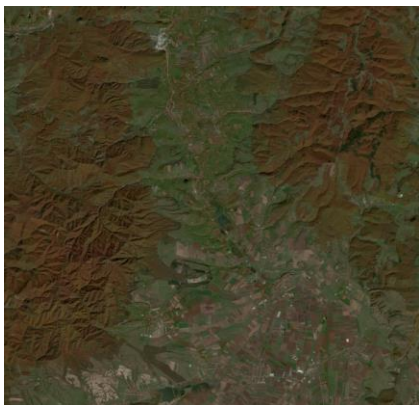


Capitol 1. I. Vizualizarea inteligentă și interpretarea indicilor de vegetație - Vizualizarea datelor MS/HS

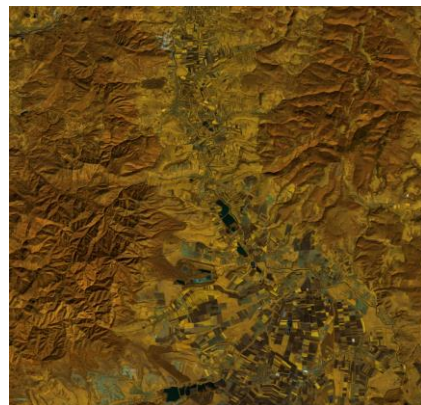
- Vizualizarea datelor MS și HS ca imagini RGB este esențială pentru a permite interpretarea și analiza directă de către om
- Afișarea unui număr mare de benzi spectrale, încercând în același timp să păstrezi informațiile importante pe care le conțin, este o sarcină dificilă.



Capitol 1. I. Vizualizarea inteligentă și interpretarea indicilor de vegetație - Vizualizarea clasică a MS/HS



Selectarea benzilor/
Band selection



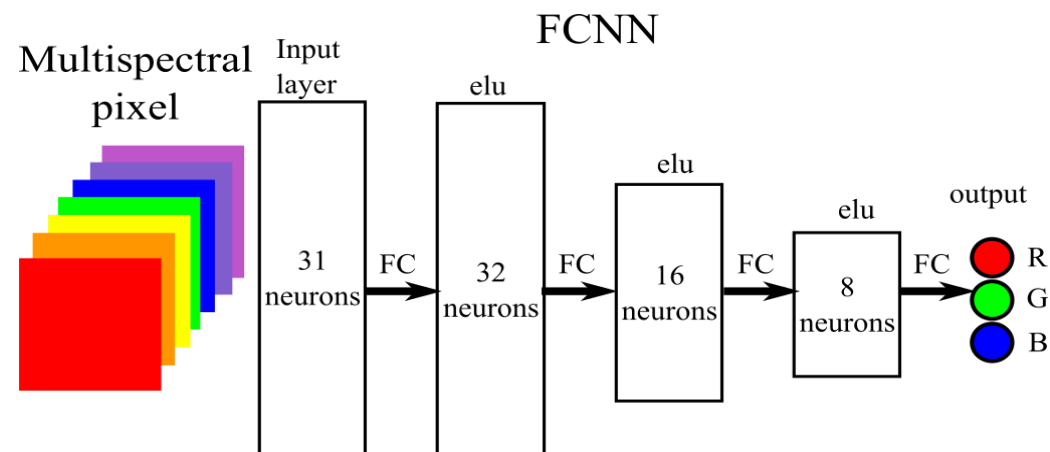
Decolorizare/
Decolorization

PRISMA

- ▶ 239 de benzi spectrale, 400 - 2500 nm
 - ▶ 66 de benzi în gama infraroșu vizibil apropiat, 400 - 1010 nm
 - ▶ 173 de benzi în gama infraroșu cu undă scurtă, 920 - 2500 nm
- ▶ rezoluție spațială de 1000 x 1000 pixeli, unde fiecare pixel reprezintă o suprafață de 30 de metri la sol.

Capitol 1. I. Vizualizarea inteligentă și interpretarea indicilor de vegetație - Vizualizare cu FCNN a MS/HS

- ▶ Au capacitatea de a integra și procesa informații din întregul spectru de benzi
- ▶ Se generează o cartografiere calitativă și coerentă a imaginilor spectrale pe canalele RGB
- ▶ Elimină/minimizează semnificativ necesitatea etapelor ulterioare de postprocesare a imaginilor
- ▶ Se pot adapta eficient la date cu rezoluții spațiale diferite, oferind flexibilitate în aplicare
- ▶ Pentru a asigura robustețea și performanța modelului, au fost explorate două abordări principale de **preprocesare a datelor**: *individuală* și *globală*

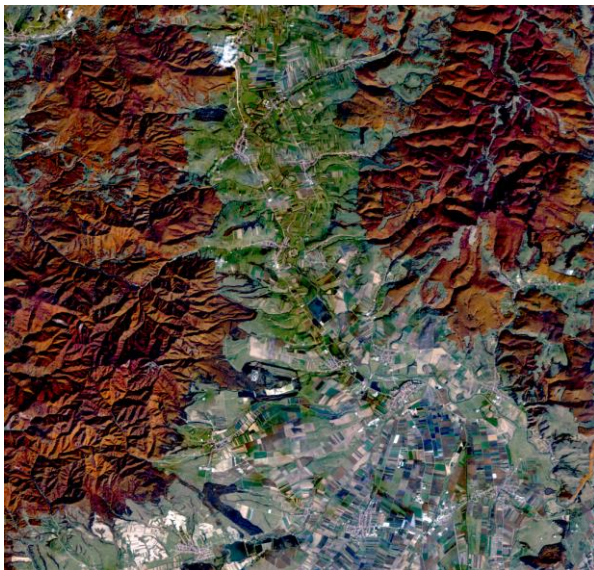


Capitol 1. I. Vizualizarea inteligentă și interpretarea indicilor de vegetație - Vizualizare PRISMA

Observații

- ▶ Seturile de date externe (ex. Pavia, PRISMA) necesită **interpolare spectrală** pentru a se alinia cu formatul de intrare al modelului antrenat. Distribuția statistică a datelor variază semnificativ între diferitele seturi de date hiperspectrale, chiar și după interpolarea spectrală.
- ▶ Pentru seturile de date externe, aplicarea standardizării *individuale* (calculând media și deviația standard pentru *fiecare imagine în parte*) în timpul inferenței este absolut necesară
 - ▶ Această abordare contracarează **diferențele de domeniu** (variații de luminozitate, contrast etc.) care pot exista între datele de antrenament și cele externe
 - ▶ Asigură că fiecare imagine externă este prezentată modelului într-un format statistic "curat" și "centrat", maximizând **robustețea** și **capacitatea de generalizare** a modelului

Capitol 1. I. Vizualizarea inteligentă și interpretarea indicilor de vegetație - Vizualizare PRISMA



Brașov, **Octombrie** 2022

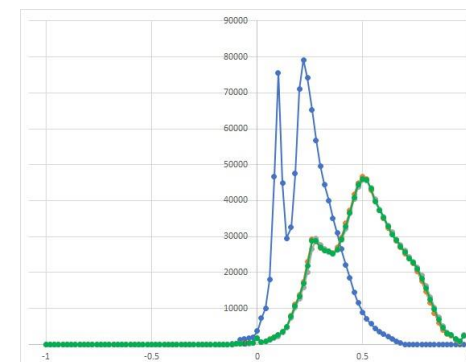
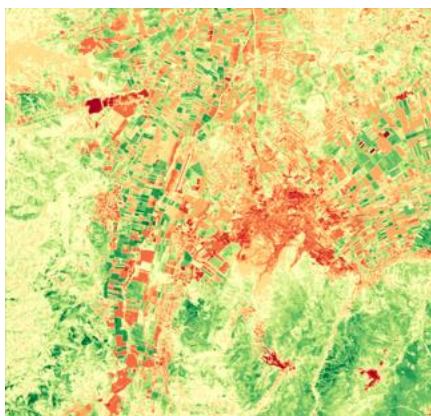
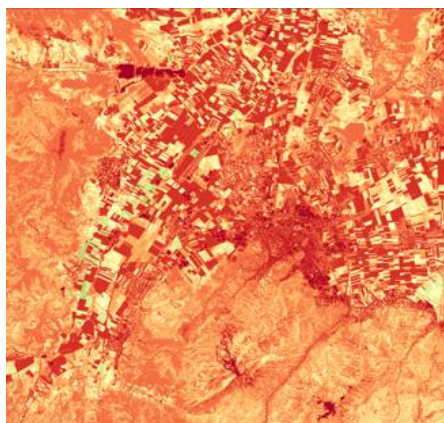


Brașov, **Martie** 2023

FCNN propus obține un rezultat de vizualizare calitativă, atunci când utilizează un set de date cu un număr suficient de mare de pixeli și o variabilitate adecvată.

Capitol 1. I. Vizualizarea inteligentă și interpretarea indicilor de vegetație - Indici de vegetație

(I.2) Elaborarea de hărți de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) utile fermierilor - calculul corect al NDVI-ului în funcție de sistemul de achiziție



Principalele concluzii

- ▶ Calculul NDVI prezintă variații considerabile în funcție de **tipul senzorului** și **nivelul de procesare** al datelor.
- ▶ Există estimări diferite pe senzori:
 - ▶ Produsele **PRISMA L2C** tind să ofere estimări **optimiste** (mai mari) ale NDVI.
 - ▶ Produsele **Sentinel-2 L2A** arată valori **subestimate** (mai mici) ale NDVI.
- ▶ Variația *între* senzori rămâne o provocare majoră. Această discrepanță între senzori subliniază necesitatea critică a **validării la sol (ground validation)**.

Capitol 1. II. Agregarea datelor multisursă și crearea unor noi seturi de date pentru clasificarea culturilor

Printre problemele abordate în cadrul cercetării din cadrul proiectului **AI4AGRI** se numără și problema integrării datelor provenite din surse multiple și crearea unui set de date nou pentru o clasificare precisă a culturilor.

Rezultate cheie evidențiate

- ▶ R.I. Luca, A. Baicoianu, I.C. Plajer, 2025 - Spectral Image Data Aggregation for Multisource Data Augmentation, *European Journal of Remote Sensing* [101]
- ▶ A. Baicoianu, I.C. Plajer, M. Debu, M. Stefan et al., 2025 - DACIA5: a Sentinel-1 and Sentinel-2 dataset for agricultural crop identification applications, *Big Earth Data* [20]

Capitol 1. II. Agregarea datelor multisursă și crearea unor noi seturi de date pentru clasificarea culturilor

(II.1) Introducerea unei metodologii pentru fuziunea imaginilor spectrale din surse multiple

Prin metode de **preprocesare**, datele cu semnături spectrale diferite sunt aduse la un format comun. Scopul este de a permite antrenarea și testarea eficientă a modelelor de ML, îmbunătățind generalizarea și robustețea acestora pentru aplicații avansate în teledetecție.

Principalele concluzii

- ▶ Folosind diferite tehnici de interpolare (liniară, quadratică, cubică și PCHIP), seturile de date (Pavia, Kennedy Space Center, Botswana, Indian Pines, CAVE și UGR) sunt aduse la un format comun.
- ▶ Rezultatele interpolărilor sunt evaluate prin diverse abordări:
 - ▶ evaluarea directă utilizând grafice 2D și 3D
 - ▶ evaluarea directă cantitativă prin calcularea suprafețelor de sub grafic, dar și metricile $C(MSE)$ și NDVI.
 - ▶ evaluarea indirectă estimând impactul rezultatelor obținute asupra modelelor de ML specializate în clasificarea pixelilor în două clase: vegetație, respectiv non-vegetație. În toate cazurile, rezultatele obținute în faza de testare sunt mai bune decât cele din faza de antrenare pentru cel puțin unul dintre cele trei seturi de date testate.

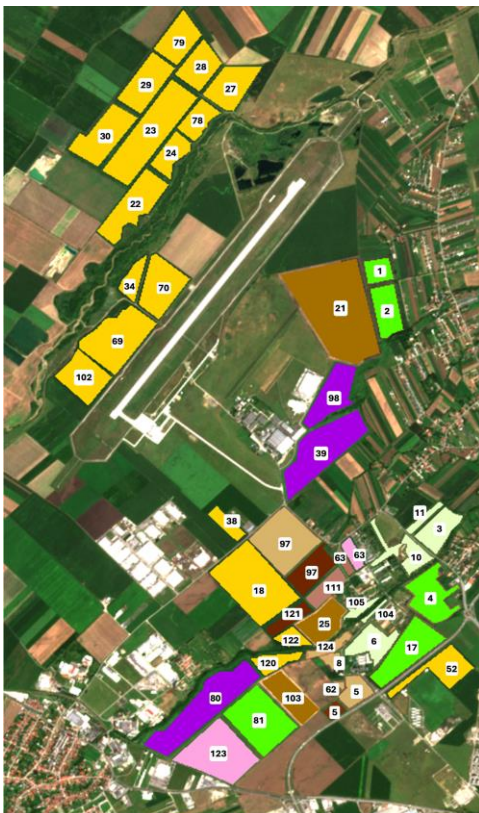
Capitol 1. II. Agregarea datelor multisursă și crearea unor noi seturi de date pentru clasificarea culturilor

(II.2) Crearea unui **set de date etichetat**, special conceput pentru aplicații agricole.

DACIA5 combină imagini **multispectrale** Sentinel-2 cu date **radar SAR** Sentinel-1, colectate pe o perioadă de cinci ani (2020-2025) în județul Brașov, incluzând anotări specifice parcelelor de cultură.

Principalele concluzii

- ▶ Studiul oferă etichete de referință (**ground truth**) extrem de precise, dezvoltate în colaborare cu Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Cartof și Sfeclă de Zahăr, asigurând fiabilitatea datelor și validarea în teren.
- ▶ Valoarea setului de date DACIA5 este ilustrată prin **două studii de caz** (*Crop identification: past vs. Present/Early crop identification*), utilizând atât un model de învățare pre-antrenat (ResNet18), cât și un clasificator RF, evidențiind aplicabilitatea sa practică.
- ▶ S-a considerat și **fuziunea** datelor Sentinel-2 și Sentinel-1, iar performanța clasificării a fost similară.



Exemplu de hartă a culturilor agricole
a Institutului Cartofului pentru 2023.

Property	Value
Dataset name	DACIA5
File format	<u>GeoTIFF (.tif) and .mat</u>
File size	3.4 GB
Number of optical images	172 (Sentinel-2)
Number of radar images	159 (Sentinel-1)
Number of optical patches (32 x 32)	6454 (Sentinel-2)
Number of radar patches (32 x 32)	5995 (Sentinel-1)
Timestamps	331
Spectral bands (Sentinel-2)	12
Radar channels (Sentinel-1)	2
Spatial resolution	10 meters
Dimensions of images (height x width)	800 x 450
Dimensions of patches (height x width)	32 x 32
Annotation level	Pixel level
Crop types	agriculture crops
Potential classes	winter wheat, corn, corn silage, peas, winter rapeseed, late potato, other potato, spring wheat, soybean, sugar beet, alfalfa
License	CC BY 4.0
Data link	https://zenodo.org/records/14283243

ImageCLEF 2026: Multimodal Challenges in Medicine, Science, Agritech, and Security, AI4Agriculture

Capitol 2. IA pentru monitorizare, diagnostic și optimizare în sisteme complexe

► Obiectivul principal:

- Explorarea și dezvoltarea de soluții bazate pe AI pentru optimizarea performanței, fiabilității și adaptabilității sistemelor complexe, cu aplicații extinse în domenii variate precum cel industrial, software, medical, monitorizarea mediului și maritim.

► Contextul cercetării:

- Numeroase dintre contribuțiile prezentate în acest capitol au fost dezvoltate și rafinate în cadrul a trei proiecte de cercetare:
 - **DITARTIS** a fundamentat lucrările privind **optimizarea sistemelor industriale**, concentrându-se pe monitorizarea condiției și mentenanța predictivă bazate pe date în sistemele electromecanice.
 - **NEMOSHIP** cercetarea în **aplicațiile maritime** care a vizat dezvoltarea de noi arhitecturi electrice modulare și platforme digitale pentru optimizarea sistemelor mari de baterii pe nave.
 - **IMOCO4.E** a extins aria de cercetare prin dezvoltarea de soluții AI și digital twin pentru **controlul inteligent al mișcării în sisteme ciber-fizice**.

Capitol 2. I. AI pentru monitorizare, diagnostic și optimizare în sisteme complexe

Provocări cheie și tematici abordate în acest capitol:

- ▶ **I. AI pentru monitorizarea condiției și gestionarea defecțiunilor în sisteme industriale și software**

Monitorizarea condiției: cheie pentru siguranță, fiabilitate și eficiență în industrie și software.

- ▶ **II. Algoritmi evolutivi pentru optimizarea sistemelor structurale**

Algoritmi genetici: minimizarea consumului de materiale și optimizarea integrității în designul structural.

- ▶ **III. AI pentru triaj medical și suport decizional clinic**

Algoritmul NN-Sequential: Performanță avansată în clasificarea pacienților și suport practic pentru triajul medical de urgență.

- ▶ **IV. Optimizare cu AI pentru acuratețea prognozei seriilor de timp de mediu**

Augmentarea datelor: îmbunătățirea predicției seriilor de timp în sistemele de monitorizare.

- ▶ **V. Inovație și optimizare digitală în aplicații maritime**

Sectorul maritim: modernizare digitală (IoT, AI) pentru eficiență și sustenabilitate.

Capitol 2. I. AI pentru monitorizarea condiției și gestionarea defecțiunilor în sisteme industriale și software

Această secțiune explorează rolul fundamental al **monitorizării condiției**, o strategie esențială în domeniul industrial și software modern, unde cerințele de siguranță, fiabilitate și eficiență sunt în continuă creștere. Această abordare proactivă transformă modul în care gestionăm și întreținem sistemele complexe, trecând de la o mentalitate reactivă la una predictivă.

Rezultate cheie evidențiate

- ▶ A. Baicoianu, A. Mathe, 2021 - Diagnose Bearing Failures With Machine Learning Models, *International Conference on Innovations in Intelligent Systems and Applications* [12]
- ▶ A. Baicoianu, P. Stanoiu, M. Velea, C. Husar, 2022 - A Machine Learning Proposal for Condition Monitoring of Vehicle Suspension, *International Conference on Innovations in Intelligent Systems and Applications* [15]
- ▶ M.R. Raia, A. Ailincăi, A. Baicoianu, C. Husar, C. Irimia, 2023 - Condition Monitoring of Industrial Elevators Based on Machine Learning Models, *IEEE 28th International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation* [140]
- ▶ A. Baicoianu, A. Kerestely, J.E. Ruiz Sarrio, J.A. Antonino-Daviu, 2025 - A Practical Approach to Bearing Fault Detection using Pretrained ResNet18, *Proceedings of the Future Energy Solutions Conference* [19]

Capitol 2. I. AI pentru monitorizarea condiției și gestionarea defecțiunilor în sisteme industriale și software

(I.1) Monitorizarea stării în sisteme industriale: Cazul diagnosticării ascensoarelor

Studiul a dezvoltat și implementat un model LSTM pentru monitorizarea în timp real și identificarea defecțiunilor în sistemele de ascensoare industriale, oferind o soluție eficientă pentru evaluarea stării de funcționare.

Principalele concluzii

- ▶ Studiul a demonstrat, prin simulări complexe realizate cu Simcenter Amesim, că fenomenul de alunecare a cablului are un impact semnificativ asupra performanței și siguranței ascensoarelor.
- ▶ Variațiile coeficienților de frecare și ale sarcinilor cabinei influențează direct controlul traiectoriei cabinei și performanța generală a sistemului, în special în cazurile de decuplare parțială sau totală a cablului de scripete.
- ▶ Modelul dezvoltat a atins un scor F1 de 0.96 pe setul de date de testare.
- ▶ Cadrul Optuna s-a dovedit esențial în prevenirea supraînvățării (overfitting) prin optimizarea parametrilor stratului LSTM.

Capitol 2. V. Inovație și optimizare digitală în aplicații maritime

Secțiunea prezintă succint platforma digitală NEMOSHIP care acționează ca un instrument complementar pentru software-urile existente de planificare a călătoriilor maritime, având ca scop principal **optimizarea utilizării bateriilor și îmbunătățirea eficienței operaționale pe mare.**

Rezultate cheie evidențiate

- ▶ A. Baicoianu, C. Husar, V. Solomon, C. Irimia, L.P. Larsen, 2024 - Innovative Transfer: Harnessing Automotive Technologies for Maritime Progress, *International Congress of Automotive and Transport Engineering* [21]
- ▶ A. Baicoianu, D. Pescaru, D. Sasu, C. Husar, R. Luca, L.P. Larsen, 2024 - Integrated Digital Platform for Marine Energy Management, *International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Rail-way, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference* [18]

Principalele concluzii

- ▶ Platforma facilitează importul de puncte de referință (waypoints) și alte date relevante din sistemele maritime existente, permițând o **optimizare inițială a consumului de baterii** încă din faza de planificare a călătoriei.
- ▶ Pentru a sprijini deciziile strategice și a maximiza eficiența și sustenabilitatea, platforma utilizează un **digital twin** al navei. Acesta permite simulări avansate de tip *what-if* pentru a prognoza performanța (eficiența combustibilului, viteza și manevrabilitatea) prin manipularea parametrilor operaționali și a condițiilor de mediu.

Capitol 3. Modele computaționale și comportamente inteligente

► Obiectivul principal:

- Analiza proprietăților și a comportamentului **automatelor celulare (CA)**, în particular **automatele celulare neuronale (NCA)**, ca modele computaționale puternice capabile de comportamente inteligente într-o varietate de aplicații.

► Contextul cercetării:

- Această cercetare a pornit de la fundamentele teoretice ale limbajelor formale și ale compilatoarelor, aprofundând ulterior conceptele de automate și automate celulare, și a culminat cu explorarea automatelor celulare neurale, o evoluție firească și puternică spre AI
- În cadrul capitolului s-au studiat:
 - Dinamica de învățare și creștere în cadrul NCA-urilor.
 - Dezvoltarea unei arhitecturi NCA unice care generează texturi multiple (și de mărimi variabile). Modelul are și proprietatea de a genera texturi noi pe bază de interpolare și grefare.

Capitol 3. Modele computaționale și comportamente inteligente - Introducere

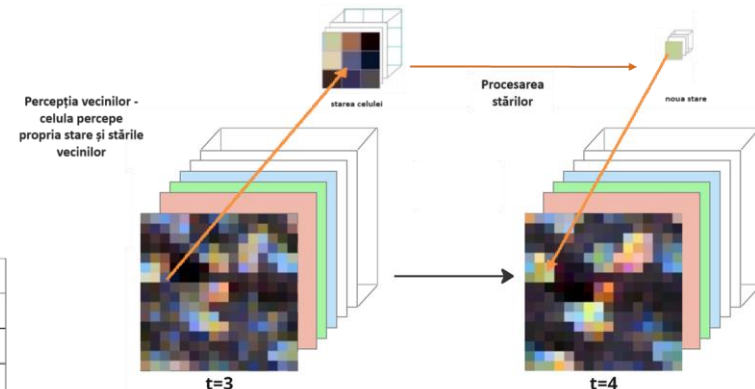
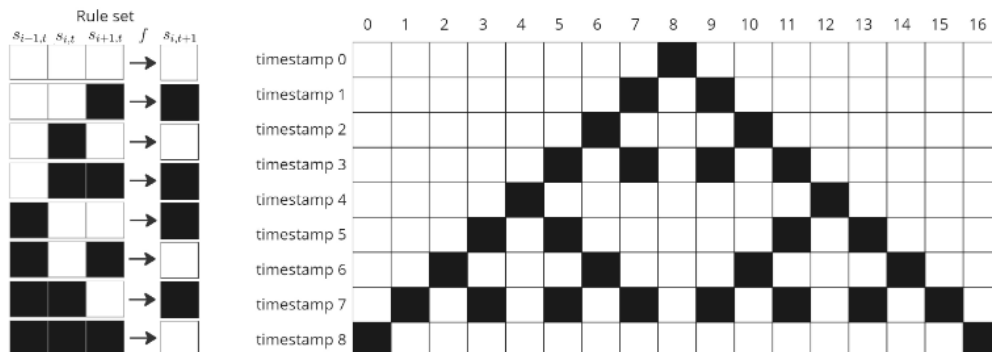
Automate celulare - spațiul este discretizat în celule, fiecare celulă urmând o **regulă deterministă** care ia în considerare stările celulelor învecinate (von Neumann/Moore). Funcția de tranziție dictează mecanismul de evoluție în timp a automatului.

Automate celulare neurale - o **rețea neurală** este introdusă pentru modelarea funcției de tranziție. Fiecare celulă procesează informația actuală și a vecinilor pentru a calcula o nouă stare. Celulele realizează concomitent acești pași. Procedeu simulat prin convoluție.

$$f : \{0, 1\}^3 \rightarrow \{0, 1\}$$

$$f(s_{i,t}; s_{i-1,t}, s_{i+1,t}) = s_{i,t+1}$$

$$\begin{aligned} f(0; 0, 0) &= 0 & f(0; 0, 1) &= 1 & f(0; 1, 0) &= 1 & f(0; 1, 1) &= 0 \\ f(1; 0, 0) &= 0 & f(1; 0, 1) &= 1 & f(1; 1, 0) &= 1 & f(1; 1, 1) &= 0 \end{aligned}$$



Capitol 3. Modele computaționale și comportamente inteligente - Problematica

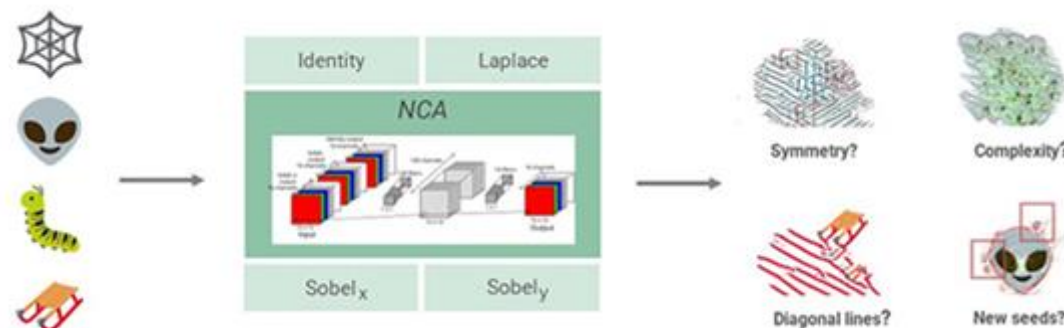
Problematica abordată se concentrează pe explorarea și valorificarea potențialului **automatelor celulare neuronale** ca modele computaționale avansate, capabile să manifeste comportamente inteligente, să genereze structuri complexe și să ofere capabilități de modelare predictivă pentru sisteme dinamice.

Rezultate cheie evidențiate

- ▶ A. Baicoianu, R. Ivan, I. Popa, 2025 - Exploiting cellular automata and linear regression to predict disease spread, *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Series III: Mathematics and Computer Science* [11]
- ▶ S. Catrina, M. Catrina, A. Baicoianu, I.C. Plajer, 2024 - Learning About Growing Neural Cellular Automata, *IEEE Access* [33]
- ▶ M. Catrina, I.C. Plajer, A. Baicoianu, 2025 - Multi-Texture Synthesis through Signal Responsive Neural Cellular Automata, *Scientific Reports* [31]

Capitol 3. I. Înțelegerea dinamicii de învățare și creștere în NCA

Investigarea influenței caracteristicilor imaginilor (simetria, culoarea, complexitate, orientarea conturilor etc) asupra proceselor de dezvoltare și stabilizare ale unui NCA 2D, înțelegând modul în care NCA-ul răspunde la aceste trăsături și explorând impactul diferitelor filtre asupra strategiei de antrenament și evoluției sale.



Principalele concluzii

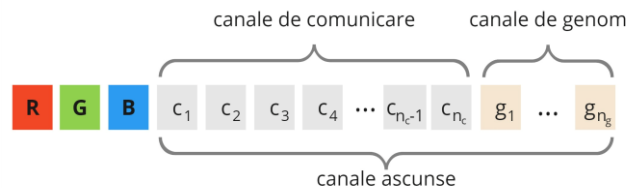
- Caracteristicile specifice ale imaginilor influențează semnificativ modul în care NCA-urile 2D învață, evoluează și se stabilizează în timp.
- Fără o strategie de stabilizare, NCA-urile întâmpină dificultăți în reproducerea imaginilor non-simetrice. O strategie de antrenament bazată pe pooling s-a dovedit a fi eficientă în stabilizarea evoluției modelului NCA.
- Integrarea mai multor tipuri de filtre (Laplace+Sobel) permite NCA-ului să învețe o metodă mai fiabilă de evoluție către imaginea țintă.

Capitol 3. II. NCA sensibile la semnal pentru sinteza versatilă de multitexturi

S-a dezvoltat un **model capabil să genereze simultan mai multe texturi distincte (1-8) dintr-un singur automat**, evitând astfel o implementare anevoioasă și scalând eficient sinteza de texturi.

Principalele concluzii

- S-a propus o arhitectură NCA unică, cu un număr redus de parametri (sub 10k), care, prin codificare genomică, poate genera simultan loturi diverse de texturi (similare, disimilare, structurate, nestructurate) cu rezultate de înaltă calitate și un scor LPIPS competitiv (<0.45).



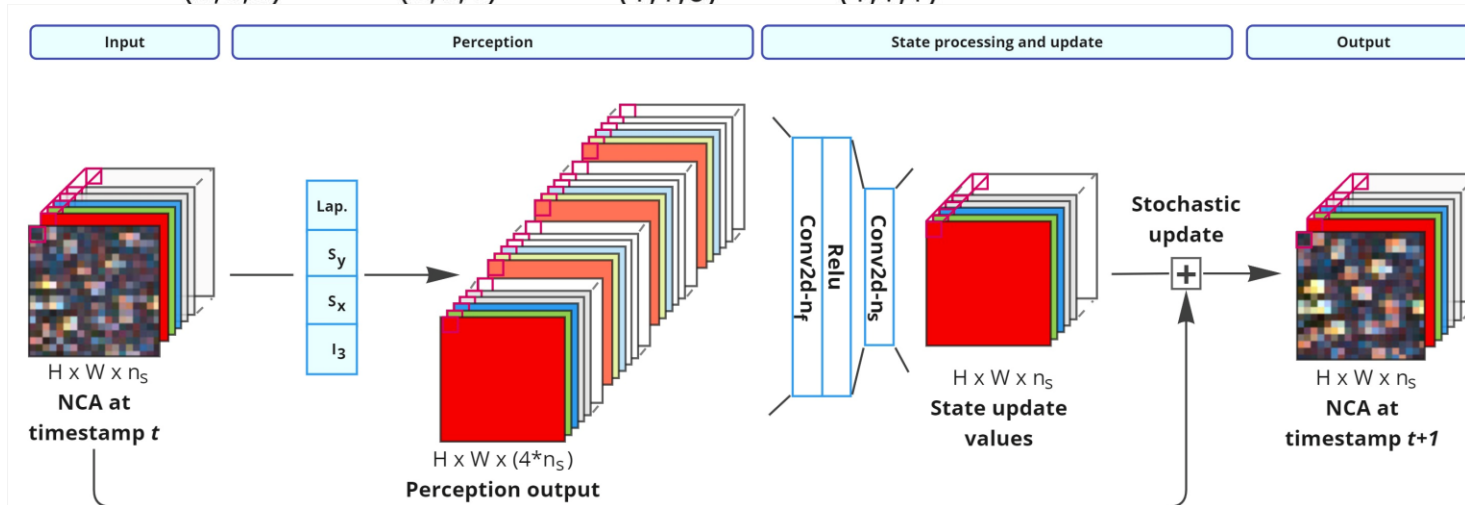
Vectorul de stare al unei celule (de dimensiune n_s)

- S-a propus o nouă metodă de pooling (circular) care asigură stabilitatea automatului.
- Modelul permite interpolarea fluidă între două texturi deja învățate (la inferență).
- Un alt comportament nou care reiese din posibilitatea inițializării independente a celulelor cu diferiți genomi este dezvoltarea împreună de texturi folosind o singură instanță a automatului.

Capitol 3. II. NCA sensibile la semnal pentru sinteza versatilă de multitexturi - Rezultate



Atribuirea de texturi diferiților genomi



Sinteza contribuțiilor: O privire cantitativă pe fiecare capitol

► Capitol 1. Inteligența artificială în observarea Pământului și monitorizarea agricolă

8 lucrări (4 jurnale (Q1 și Q2), 4 conferințe (C)), concretizând 2 lucrări științifice publicate în coautorat cu studenți de la master (MI)

► Capitol 2. Inteligența artificială pentru monitorizare, diagnostic și optimizare în sisteme complexe

14 lucrări (4 jurnale (Q1 și Q2), 10 conferințe (B, C)), concretizând 7 lucrări științifice publicate în coautorat cu studenți de la licență/master (MI, Inginerie Mecanică), dar și doctoranzi

► Capitol 3. Modele computaționale și comportamente inteligente

3 lucrări (3 jurnale (Q1, Q2, Q3)), concretizând 3 lucrări științifice publicate în coautorat cu studenți de la licență (MI)

Lucrarea de abilitare cuprinde 38 de publicații și lucrări bibliografice la care am contribuit ca autor sau coautor.

Plan de evoluție și dezvoltare a carierei

Direcții de cercetare - xAI în agricultură

Experiență: AI4AGRI + publicații care abordează interpretarea modelelor și analiza de pattern-uri ([174], [175],[162]) + coordonarea de lucrări de licență și disertație cu relevanță + parteneriate existente cu experți în agricultură de precizie

Perspective de cercetare:

- ▶ Dezvoltarea și evaluarea de noi metode XAI (sau adaptarea celor existente) care să ofere **explicații complete și acționabile**, relevante pentru diverse tipuri de utilizatori (experți, fermieri).
- ▶ Explorarea metodelor XAI vizuale pentru a **identifica și cuantifica contribuția specifică a diferitelor regiuni sau pattern-uri din imagini** la deciziile modelului AI în context agricol.
- ▶ Dezvoltarea de mecanisme XAI care să integreze cunoștințe de domeniu și date contextuale externe (ex: meteo, tip de sol, practici agricole) pentru a genera explicații mai robuste și a identifica potențialele erori sau limitări ale modelului.
- ▶ Explorarea metodelor XAI bazate pe exemple contrafactice pentru a genera **recomandări concrete și acționabile pentru fermieri**, indicând ce parametri ar trebui ajustați pentru a obține rezultatele dorite.

Plan de evoluție și dezvoltare a carierei

Direcții de cercetare - Agentic AI pentru inginerie

Experiență: cunoștințe extinse în tool-uri de simulare ingineriască + publicații existente care subliniază cum LLM-urile pot gestiona activități complexe în domeniul testării metamorfice ([157]) + AI4RISK

Perspective de cercetare:

- ▶ Cum putem permite inginerilor să controleze și să manipuleze software de simulare (precum Simcenter Amesim) folosind doar limbaj natural, fără a necesita cunoștințe detaliate ale interfeței grafice sau API-urilor?
 - ▶ Proiect *AmesimGPT* - Explorarea și compararea eficacității tehnicilor precum *few-shot prompting*, *Retrieval-Augmented Generation (RAG)*, agenți bazați pe *router-based planning* și sisteme *Multi-Agent ierarhice*
- ▶ Cum pot LLM-urile să asiste dezvoltatorii în proiecte software de inginerie, generând cod nou și explicând segmente existente?
 - ▶ Proiect *LLM-uri Fine-Tuned pe Codebase-uri Specifice* - Analiza metodelor de *fine-tuning* (ex: *in-loop fine-tuning*, *pre-fine-tuning* și *fine-tuning* multi-pas) pentru a antrena LLM-uri pe codebase-uri gigantice, asigurând relevanță și acuratețe. Dezvoltarea de agenți capabili să genereze și să refactorizeze cod contextual, perfect integrat în proiect.

Plan de evoluție și dezvoltare a carierei

Evoluție didactică

- ▶ Actualizarea conținuturilor disciplinelor pe care le predau.
- ▶ Continuarea și intensificarea rolului de coordonator pentru lucrări de licență și disertație, cu accent pe **creșterea complexității subiectelor tratate**, încurajarea cercetării originale, publicarea rezultatelor (> 10 publicații, lucrări de licență/master transformate în cercetare publicabilă).
- ▶ Stimularea participării studenților la activități academice și extracurriculare, incluzând hackatoane, sesiuni de prezentare a cercetărilor și alte evenimente.
- ▶ Crearea de spații informale pentru dialog și schimb de idei, încurajând **colaborarea și lucrul în echipă** pentru atingerea obiectivelor academice și profesionale ale studenților.
- ▶ *“Coding is no longer the frontier; the real skill is learning how to interpret and collaborate with machine intelligence.”* **AI-ul schimbă regulile jocului.** Noua abilitate cheie nu e să codezi mașina, ci să-i înțelegi logica suficient de bine ca să o poți “pilota”.

Plan de evoluție și dezvoltare a carierei

Planuri de dezvoltare academică

- ▶ Extinderea și consolidarea activității de cercetare cu accent pe inovație, colaborări internaționale și impact practic.
 - ▶ **Depunerea unor proiecte naționale și internaționale**, cu scopul de a genera soluții concrete, aplicabile în industrie și societate.
 - ▶ Proiecte propuse în 2025 ca și responsabil/membru - EUREKA (*AI-Driven Marketing and Human Behavior Research in Sports and Health*), HORIZON-MSCA-SE-2025 (*AI-PASS HoReCa*), HORIZON-RIA (*ELEVATE*), COST (*Advancing Digital Sustainability by Developing Best Practices to Avoid Cloud Data Hoarding*)
 - ▶ Amplificarea implicării studenților și doctoranzilor în **activități de cercetare științifică**.
 - ▶ Ghidarea a 6 doctoranzi (în comisiile de îndrumare), cu rezultate concrete materializate în publicații științifice.
 - ▶ Formarea unei **echipe colaborative** axate pe domenii de interes actuale: extragerea datelor din imagini spectrale, rețele neuronale celulare, AI/ML în inginerie avansată, tehnologii cuantice.

Plan de evoluție și dezvoltare a carierei

Planuri de dezvoltare academică

- ▶ Implicarea activă în **organizarea și coordonarea de conferințe și evenimente științifice** de anvergură, naționale și internaționale.
- ▶ **Publicații de impact** și diseminare strategică
- ▶ Elaborarea de **cărți de specialitate**
 - ▶ Un exemplu: *Handbook for Entrepreneurs Essentials, Artificial Intelligence and Complementary Guidelines*, vizând creșterea conștientizării și facilitarea utilizării practice a AI-ului în diverse sectoare.
- ▶ **Coordonare doctorală și cursuri avansate**
 - ▶ Ghidarea tezelor de doctorat în domeniul Informatică
 - ▶ Elaborarea unui curs avansat pentru doctoranzi, orientat către AI aplicată, pentru a genera proiecte interesante la intersecția AI cu domenii interdisciplinare.

Mulțumesc pentru atenția acordată!