

RECEPȚIONAT

Agenția Națională pentru

Cercetare și Dezvoltare \_\_\_\_\_

” ” \_\_\_\_\_ 2025

AVIZAT

Secția AȘM \_\_\_\_\_

” ” \_\_\_\_\_ 2025

## RAPORT ȘTIINȚIFIC ANUAL

(pentru etapa 2025)

privind implementarea proiectului din cadrul concursului  
„Stimularea excelenței cercetărilor științifice 2025-2026”

Proiectul „Cercetarea metodelor inteligente și mijloacelor eficiente pentru monitorizarea  
zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor”  
(titlul proiectului)

Cifrul proiectului 25.80012.5007.71SE

Prioritatea Strategică V „Tehnologii inovative, energie sustenabilă, digitalizare”

Rector U.T.M.

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Președintele

Consiliului științific UTM

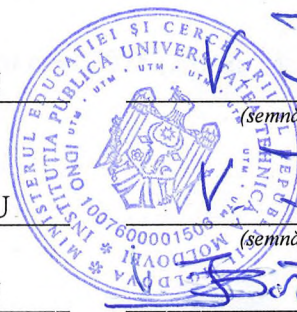
dr. hab. Vasile TRONCIU

(numele, prenumele)

Conducătorul proiectului

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)



(semnătura)

(semnătura)

(semnătura)

L.Ș.

Chișinău, 2025

## CUPRINS:

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Scopul etapei 2025 conform proiectului depus la concurs.....                                                         | 3  |
| 2. Obiectivele etapei 2025.....                                                                                         | 3  |
| 3. Acțiunile planificate pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2025.....                                    | 4  |
| 4. Acțiunile realizate pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2025.....                                       | 4  |
| 5. Rezultatele obținute .....                                                                                           | 4  |
| 6. Diseminarea rezultatelor la foruri științifice.....                                                                  | 10 |
| 7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului 2025.....     | 11 |
| 8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului 2025.....                                           | 12 |
| 9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului 2025.....                                      | 11 |
| 10. Dificultăți în realizarea proiectului: financiare, organizatorice, legate de resursele umane...13                   |    |
| 11. Recomandări, propuneri.....                                                                                         | 13 |
| 12. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect 2025 în limba română și în limba engleză (Anexa 1)..... | 14 |
| 13. Lista lucrărilor științifice, publicate în anul 2025 (Anexa 2).....                                                 | 16 |
| 14. Executarea devizului de cheltuieli din contractul de finanțare pentru anul 2025 (Anexa 3)...18                      |    |
| 15. Componența echipei conform contractului de finanțare pentru anul 2025 (Anexa 4).....                                | 19 |

## 1. Scopul etapei 2025 conform proiectului depus la concurs (obligatoriu).

*Etapa I – Elaborarea conceptului/arhitecturii pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.*

Monitorizarea aeriană a plantațiilor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu ajutorul dronelor reprezintă o soluție rezonabilă și eficientă. Dezvoltarea unor metodelor de achiziție a datelor prin utilizarea dronelor și de procesare a acestora cu ajutorul inteligenței artificiale și în special prin utilizarea tehnologiei Computer Vision, reprezintă elementele cheie pentru rezolvarea acestor probleme.

Având în vedere nivelul de dezvoltare al tehnologiilor moderne, al metodelor de procesare a imaginilor, se propune o abordare complexă a unei clase de probleme în cadrul cercetării și dezvoltării unei metodologii de achiziție și procesare a datelor cu ajutorul dronelor pentru monitorizarea aeriană a plantațiilor forestiere, perene și suprafețelor acvatice, cu implementarea de soluții bazate pe inteligența artificială și vederea artificială.

**Scopul proiectului** este dezvoltarea unui sistem pentru monitorizare eficientă și sustenabilă a zonelor forestiere, a zonelor perene și a suprafețelor acvatice, cu ajutorul dronelor prin implementarea tehnologiilor avansate. Acest proiect vizează identificarea și implementarea metodelor și mijloacelor inovatoare, bazate pe inteligență artificială și vederea artificială, pentru suportul procesului de conservare, gestionare și protejare a mediului înconjurător, prin monitorizarea și evaluarea continuă a stării acestor ecosisteme vitale. dezvoltarea unui prototip/sistem inteligent de achiziție și monitorizare a datelor despre starea a zonelor forestiere, a zonelor perene și a suprafețelor acvatice, care ar putea fi utilizat în sectorul real al economiei R. Moldova pentru cercetarea și monitorizarea aeriană a plantațiilor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.

Scopuri adiționale sunt:

- Diseminarea rezultatelor cercetării și implementarea experienței câpătate pentru îmbunătățirea calității procesului de studii ingineresti bazate pe tehnologii moderne, inclusiv celor care se referă la inteligența artificială și la vederea artificială, atragerea studenților, masteranzilor și doctoranzilor în procesul de cercetare științifică în domeniul tehnologiilor informaționale și inteligenței artificiale.

- Analiza posibilității de integrare a datelor obținute din multiple surse, inclusiv datele capturate de drone, datele terestre și datele satelitare, pentru a obține o imagine mai detaliată despre starea zonelor monitorizate.

- Dezvoltarea și implementarea algoritmilor și tehnicilor avansate de analiză a datelor pentru extragerea informațiilor relevante în timp real.

- Identificarea și promovarea modalităților de transfer a rezultatelor cercetării în practică, pentru a facilita utilizarea eficientă și largă a tehnologiilor dezvoltate în scopuri practice și comerciale.

## 2. Obiectivele etapei 2025 (obligatoriu).

*Etapa I – Elaborarea conceptului/arhitecturii pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.*

Întru atingerea scopurilor preconizate, în cadrul proiectului urma de realizat următoarele obiective:

**O1.** Cercetarea și selectarea metodelor potrivite de achiziție a datelor despre starea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice.

**O2.** Dezvoltarea algoritmilor de prelucrare a imaginilor pentru identificarea și clasificarea automată a elementelor cheie din zonele monitorizate.

**3. Acțiunile planificate** pentru realizarea scopului și obiectivelor etapei 2025 (obligatoriu)

Pe perioada anului 2025 au fost planificate următoarele acțiuni:

- a) Cercetarea metodelor pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.
- b) Cercetarea și elaborarea arhitecturii sistemului pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.
- c) Realizarea prototipului unui sistem pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.

**4. Acțiunile realizate** pentru atingerea scopului și obiectivelor etapei 2025

În anul 2025 au fost realizate următoarele acțiuni:

- a) Cercetarea metodelor pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.
- b) Cercetarea și elaborarea arhitecturii sistemului pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.
- c) Realizarea prototipului unui sistem pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.

**5. Rezultatele obținute** (descriere narativă 3-5 pagini) (obligatoriu)

Reiesind din faptul că proiectul „Cercetarea metodelor inteligente și mijloacelor eficiente pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor” a demarat începând cu 01.08.2025, până pe 30.11.2025, în cadrul *Etapei I – Elaborarea conceptului și a arhitecturii pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor*, au fost realizate activități de cercetare și sinteză care au stat la baza definirii soluției arhitecturale a sistemului propus.

*Cercetarea metodelor pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.*

Prima activitate a constat în analiza metodelor existente pentru monitorizarea zonelor forestiere, culturilor perene și suprafețelor acvatice prin intermediul dronelor. Au fost studiate tehnicile moderne de achiziție și prelucrare a datelor aeriene, bazate pe imagini RGB, multispectrale și termale, precum și metodele de procesare inteligentă a datelor pentru evaluarea sănătății vegetației, detectarea schimbărilor de mediu și monitorizarea calității apei. Studiul a permis identificarea avantajelor,

limitărilor și domeniilor de aplicabilitate pentru fiecare metodă, punând accent pe integrarea senzorilor și pe eficiența colectării și transmiterii datelor de către complexul robotizat aerian.

*Cercetarea și elaborarea arhitecturii sistemului pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.*

A doua activitate s-a axat pe elaborarea unei arhitecturi integrate a sistemului de monitorizare. Arhitectura propusă include nivelul de achiziție a datelor (drona echipate cu cameră video), nivelul de stocare a datelor pe dronă, precum și nivelul de analiză și vizualizare (platformă hardwar – Jetson Orin și software pentru prelucrarea inteligentă a informațiilor), **Figura 1**. Această structură permite scalabilitatea sistemului și adaptarea sa pentru diverse scenarii de monitorizare.

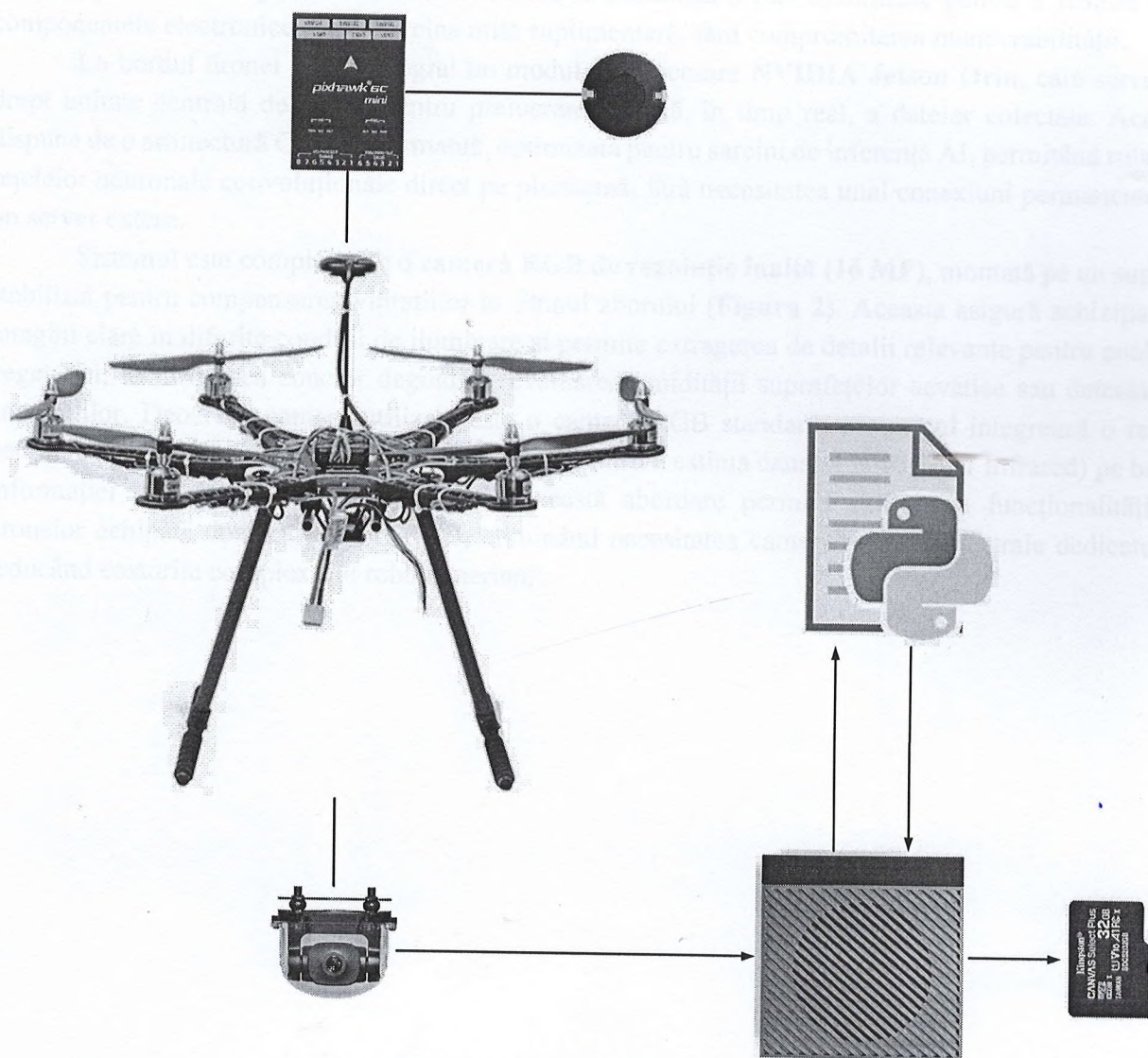


**Figura 1** Arhitectura complexului robotic aerian.

### *Realizarea prototipului unui sistem pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor*

În această etapă a proiectului a fost dezvoltat și testat prototipul unui sistem integrat destinat monitorizării aeriene inteligente a zonelor forestiere, culturilor perene și suprafețelor acvatice. Prototipul reprezintă o platformă aeriană robotică construită, conform arhitecturii propuse (**Figura 1**), pe baza unei drone de tip hexacopter, proiectată pentru a asigura stabilitate ridicată, capacitate de încărcare superioară și autonomie extinsă, necesare pentru misiunile de observare sistematică a mediului.

Hexacopterul utilizat permite integrarea modulară a subsistemelor de senzori și procesare, oferind redundanță și reziliență în cazul pierderii unui motor, ceea ce îl face potrivit pentru zboruri de monitorizare în zone greu accesibile. Structura sa mecanică a fost optimizată pentru a susține atât componentele electronice, cât și sarcina utilă suplimentară, fără compromiterea manevrabilității.

La bordul dronei a fost integrat un modul de procesare **NVIDIA Jetson Orin**, care servește drept unitate centrală de calcul pentru prelucrarea locală, în timp real, a datelor colectate. Acesta dispune de o arhitectură GPU performantă, optimizată pentru sarcini de inferență AI, permițând rularea rețelelor neuronale convoluționale direct pe platformă, fără necesitatea unei conexiuni permanente la un server extern.

Sistemul este completat de o **cameră RGB de rezoluție înaltă (16 MP)**, montată pe un suport stabilizat pentru compensarea vibrațiilor în timpul zborului (**Figura 2**). Aceasta asigură achiziția de imagini clare în diferite condiții de iluminare și permite extragerea de detalii relevante pentru analiza vegetației, identificarea zonelor degradate, evaluarea umidității suprafețelor acvatice sau detectarea anomaliilor. Deoarece camera utilizată este o cameră RGB standard, prototipul integrează o rețea neuronală artificială multilayer (MLP) proiectată pentru a estima canalul NIR (Near Infrared) pe baza informației vizuale din domeniul vizibil. Această abordare permite extinderea funcționalităților dronelor echipate doar cu senzori RGB, eliminând necesitatea camerelor multispectrale dedicate și reducând costurile complexului robotic aerian.



*Figura 2 Prototip al complexului robotic pentru monitorizarea în timp real a informației de vegetație (NIR)*

Alteceiul ECU, prezentat în Figura 3, a fost dezvoltat pe baza de date de antrenament de imagini RGB - NIR, unde, astfel încât rețeaua să poată recupera spectrul de reflectanță al obiectelor în domeniul vizibil și să-l transforme în NIR. Pentru antrenament, fiecare pixel a fost transformat într-un vector de intrare format din componentele R, G și B, iar rețeaua a fost antrenată să poată transforma acest vector în valoarea NIR pentru același pixel.

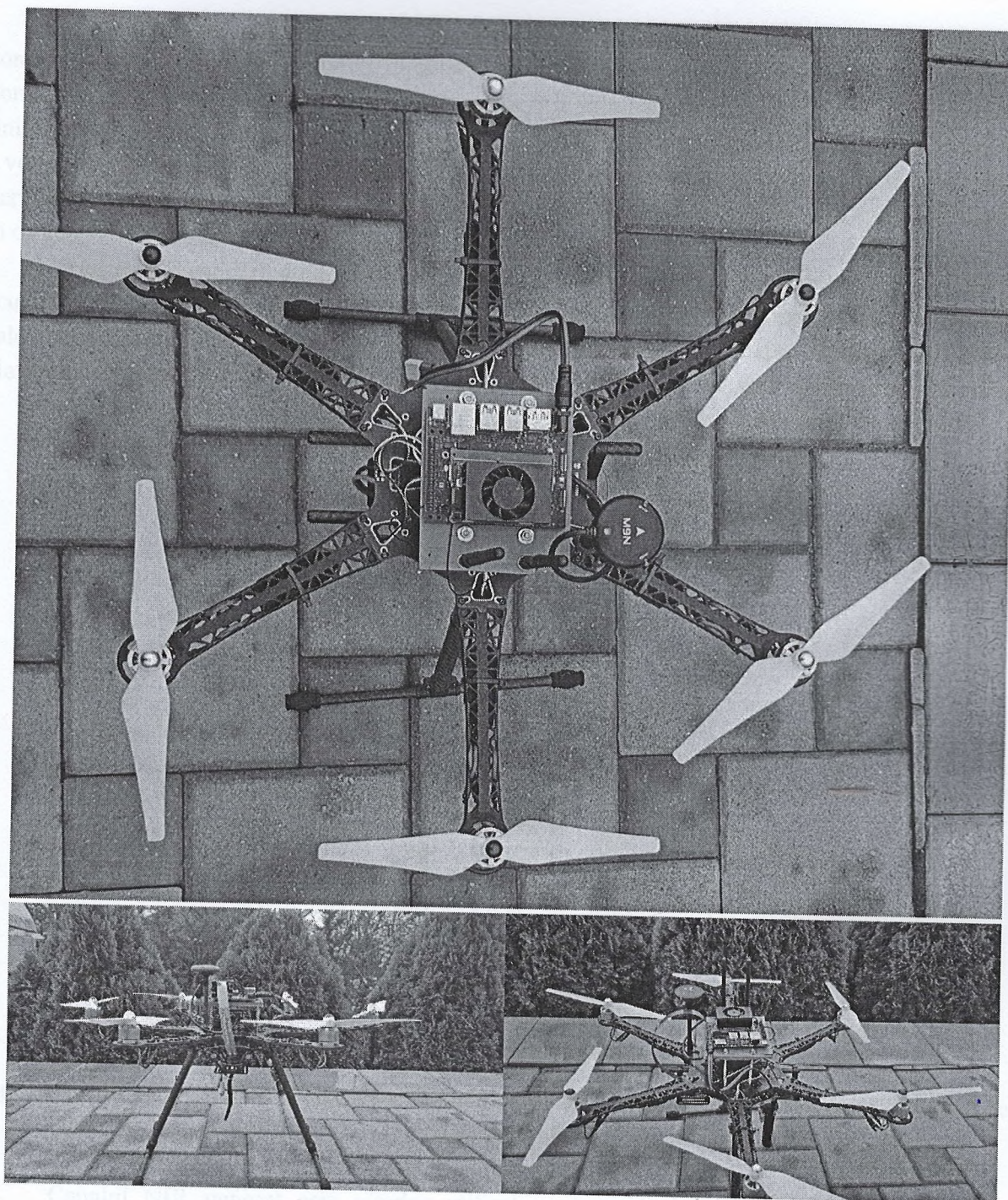


**Figura 2** Prototip al complexului robotic aerian pentru estimare în timp real a indicelui de vegetație (NDVI).

Modelul RNA, prezentat în **Figura 3**, a fost instruit pe seturi de date ce conțin perechi de imagini RGB + NIR reale, astfel încât rețeaua să învețe relațiile spectrale dintre valorile pixelilor în domeniul vizibil și reflexia corespunzătoare în NIR. Pentru antrenare, fiecare pixel a fost tratat ca un vector de intrare format din componentele R, G și B, iar rețeaua a fost optimizată să prezică valoarea asociată canalului NIR pentru același pixel.

Arhitectura utilizată este una de tip feed-forward, compusă din mai multe straturi complet conectate (fully connected), cu funcții de activare neliniare, care permit modelului să învețe dependențe complexe între canalele spectrale. Stratul ascuns a fost antrenat astfel încât să captureze atât relațiile liniare, cât și cele neliniare dintre culori, necesare pentru aproximarea corectă a reflectanței în infraroșu a vegetației. În procesul de antrenare, datele au fost preprocesate prin normalizare. Această abordare a permis rețelei să învețe maparea directă RGB→NIR, caracteristică esențială pentru aplicarea ulterioară în calculul indicilor de vegetație.

Rezultatele validării au demonstrat că modelul MLP este capabil să estimeze canalul NIR cu o acuratețe suficientă pentru evaluarea stării vegetației. Canalul NIR generat este utilizat ulterior pentru calculul indicelui NDVI, permițând analiza în timp real a ecosistemelor monitorizate direct pe platforma aeriană.

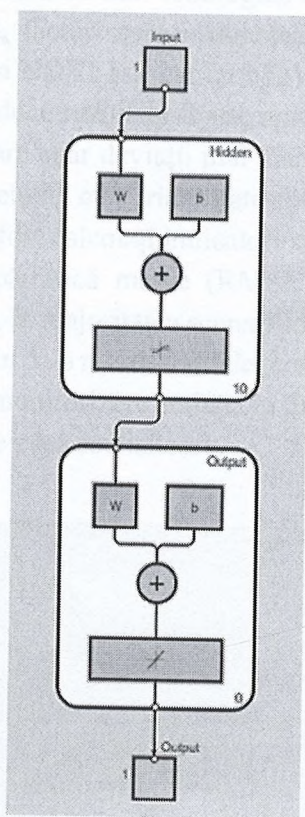


**Figura 3** Arhitectura rețelei neuronale artificiale destinată pentru calcularea canalului NIR în funcție de canalul R.

Canalul NIR generat este ulterior utilizat pentru calculul indicelui de vegetație NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (1).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

unde:

NIR reprezintă reflectanța în infraroșu apropiat,  
Red este reflectanța în banda roșie a spectrului vizibil.

Pe baza canalului NIR estimat de RNA, a fost calculată o versiune derivată a NDVI, care a fost ulterior comparată cu NDVI-ul clasic obținut din măsurători multispectrale reale, **Figura 5**. Pentru evaluare au fost utilizate seturi de imagini colectate în diferite condiții de iluminare, tipuri de vegetație și stări fenologice, astfel încât comparația să fie reprezentativă.

Pentru validare au fost utilizate mai multe seturi de imagini colectate în condiții variate de mediu, incluzând diferențe semnificative de iluminare, perioade ale zilei, unghiuri de observare și intensități ale radiației solare. De asemenea, au fost analizate diferite tipuri de vegetație — arbori maturi, arbuști, culturi perene, vegetație acvatică și zone cu degradare accentuată — astfel încât comparația să acopere o gamă cât mai largă de scenarii reale. Această diversitate a permis evaluarea robusteții modelului RNA în fața variațiilor de textură, culoare și densitate a coronamentului.

În plus, imaginile au acoperit diferite stări fenologice ale vegetației, de la perioade de creștere activă până la începutul senescentei, factori care influențează puternic reflectanța în infraroșu și, implicit, valoarea NDVI. Compararea NDVI estimat cu NDVI multispectral real în aceste condiții a evidențiat atât zonele unde RNA produce rezultate foarte apropiate de cele multispectrale (zonele de culoare albastră), cât și situațiile în care apar deviații mai mari (zonele de culoare roșie), în special în zone foarte umbrite sau în cadrul vegetației cu variabilitate spectrală ridicată.

Pentru o analiză completă, au fost calculați indicatori statistici de performanță, precum eroarea medie absolută (MAE) și eroarea pătratică medie (RMSE) între cele două versiuni ale NDVI. Rezultatele obținute au demonstrat că, în majoritatea scenariilor testate, NDVI estimat/derivat prezintă o corelație ridicată cu NDVI obținut din date multispectrale, confirmând potențialul utilizării modelului de rețea neuronală pentru aplicații de monitorizare aeriană în timp real, acolo unde utilizarea senzorilor multispectrali nu este posibilă sau este prea costisitoare.



**Figura 4** Rezultatele comparative ale indicelui de vegetație (NDVI) calculat în baza canalului NIR și în urma aplicării RNA.

Rezultatele au demonstrat că RNA-ul este capabil să genereze un canal NIR cu o acuratețe suficient de ridicată pentru a reproduce tendințele majore ale NDVI-ului clasic. Modelul a fost validat utilizând date reale, iar erorile au fost cuantificate în raport cu valorile de referință obținute prin senzori multispectrali. Eroarea NDVI calculată pe baza canalului NIR estimat s-a încadrat în limite acceptabile pentru utilizări practice în: monitorizarea stării de sănătate a vegetației, detectarea zonelor de degradare, evaluarea umidității relative a suprafețelor vegetale, clasificarea preliminară a tipurilor de acoperire a terenului.

Această etapă a proiectului a asigurat dezvoltarea unui prototip complet funcțional, capabil să colecteze, proceseze și interpreteze date aeriene fără a necesita echipamente multispectrale costisitoare. Integrarea RNA-ului direct pe dronă reprezintă un pas important în direcția autonomia sistemelor de monitorizare, reducând costurile și crescând portabilitatea soluției. Prototipul obținut va sta la baza testelor extinse din următoarele etape, în vederea optimizării algoritmilor și a validării operaționale în scenarii reale.

În cadrul acestei etape, rezultatele proiectului au fost prezentate și publicului larg, prin participarea la evenimentul „Noaptea Cercetătorilor Europeni 2025”, organizat la Universitatea Tehnică a Moldovei. Această prezentare a contribuit la promovarea activităților de cercetare și la creșterea vizibilității proiectului.

#### **Rezultatele obținute în Etapa I constau în:**

- Dezvoltarea de metode pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.
- Elaborarea unei scheme a arhitecturii sistemului de monitorizare cu drone pentru zone forestiere, perene și suprafețe acvatice;
- Elaborarea prototipului sistemului pentru monitorizare a zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor.
- Participarea cu o mostră/prototip funcțional de dronă realizat în cadrul proiectului în cadrul expoziției „Noaptea Cercetătorilor Europeni 2025” organizată pe 26.09.2025 de către UTM.

Etapa I a oferit o fundamentare solidă pentru dezvoltarea ulterioară a metodelor inteligente de monitorizare, prin definirea unui cadru arhitectural clar și validarea direcțiilor de cercetare prin comunicare științifică și interacțiune cu publicul.

#### **6. Diseminarea rezultatelor** obținute în proiect în formă de publicații (obligatoriu) și în formă de prezentări la foruri științifice (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor)

Echipa de proiect a participat activ la evenimentul „Noaptea Cercetătorilor Europeni 2025”, organizat la data de 26 septembrie 2025 de către Universitatea Tehnică a Moldovei. **Figura 5.** Participarea a avut ca obiectiv principal diseminarea rezultatelor preliminare ale cercetărilor efectuate până în prezent și familiarizarea publicului larg, a comunității academice, precum și a partenerilor industriali cu progresul tehnico-științific realizat în proiect.

În cadrul expoziției, a fost pregătită o prezentare vizuală structurată, care a inclus informații despre obiectivele principale ale proiectului, metodele utilizate pentru determinarea în timp real a indicelui de vegetație din imagini RGB și rezultatele preliminare obținute în urma analizei datelor și a sistemelor bazate pe rețele neuronale artificiale. De asemenea, a fost prezentat un prototip al arhitecturii complexului robotizat aerian utilizat în achiziția și procesarea datelor. Explicațiile au fost adaptate atât pentru publicul specializat, cât și pentru cel nespecializat, ceea ce a facilitat o înțelegere largă a importanței cercetării în domeniul utilizării dronelor în diferite sfere.



**Figura 5** Participarea echipei de proiect la evenimentul „Noaptea Cercetătorilor Europeni 2025”, organizat la data de 26 septembrie 2025 de către Universitatea Tehnică a Moldovei.

*Lista publicațiilor din anul 2025 în care se reflectă doar rezultatele obținute în proiect, perfectată conform cerințelor față de lista publicațiilor (a se vedea Anexa 2)*

Planul de activitate pentru anul 2025 nu include activități de publicare a rezultatelor.

**7. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului (obligatoriu)**

Implementarea tehnologiilor inteligente și eficiente pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și a suprafețelor acvatice ar putea contribui la o mai bună gestionare a ecosistemelor și la conservarea biodiversității. Identificarea rapidă a problemelor și intervenția promptă ar putea reduce pierderile de mediu și ar putea proteja habitatele naturale și speciile vulnerabile. Datele obținute prin monitorizarea cu ajutorul dronelor ar putea oferi informații esențiale pentru planificarea și gestionarea durabilă a resurselor naturale, cum ar fi pădurile, zonele acvatice și zonele de conservare. Aceste informații pot fi utilizate pentru luarea deciziilor în ceea ce privește exploatarea resurselor, conservarea habitatelor naturale și prevenirea defrișărilor ilegale sau a altor activități destructive. Proiectul ar putea contribui la avansarea tehnologiei și a cunoștințelor în domeniul monitorizării mediului înconjurător.

Dezvoltarea și aplicarea unor tehnologii noi și inovatoare ar putea deschide noi oportunități în cercetarea și conservarea mediului înconjurător, precum și în alte domenii conexe. În ansamblu, rezultatele obținute în cadrul acestui proiect ar putea avea un impact semnificativ asupra conservării mediului înconjurător și a gestionării sustenabile a resurselor naturale, contribuind la protejarea ecosistemelor și la îmbunătățirea calității vieții pentru generațiile următoare. Proiectul curent e dedicat profitării de avantajele utilizării inteligenței artificiale pentru cercetarea și monitorizarea plantațiilor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor și diseminarea lor în alte domenii: geodezie, cadastru, agricultură, protecția mediului. Un scopul major al acestui proiect este educarea personalului științific și ingineresc din domeniul tehnologiilor informaționale, științei calculatoarelor și protecției mediului, precum și contribuția la construirea de parteneriate pe termen lung cu diferite echipe de cercetare, care vor avea un impact major în îmbunătățirea calității studiilor ingineresti bazate pe tehnologii moderne, atragerea tinerilor cercetători în dezvoltarea și consolidarea cercetării științifice în acest domeniu și a integrării Republicii Moldova în comunitatea țărilor, preocupate de problema protecției mediului.

#### 8. Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)

Cercetările vor fi realizate și în continuare prin cooperare pe plan național cu organizațiilor de resort din domeniul silviculturii, agriculturii și protecției mediului.

În implementarea proiectului sunt realizate colaborări naționale cu diverse agenții, universități și companii:

- ✓ Compania **Cart Engineering** din Republica Moldova specializată în servicii geospațiale și de inginerie topografică: topografie, cadastru, cartografie digitală, scanări cu drone (LIDAR UAV) și sisteme GIS (sisteme geoinformaționale) <https://cartengineering.md/>.
- ✓ I.P. "**Oficiul Național de Implementare a Proiectelor în domeniul Mediului**" <https://onipm.gov.md/>
- ✓ Guvernul Republicii Moldova, **Ministerul Mediului** <https://mediu.gov.md/>

#### 9. Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului (obligatoriu)

Cercetările vor fi realizate și în continuare prin cooperare pe plan internațional cu Institutul Științe Spațiale (ISS) al Agenției Spațiale din Romania (ROSA) și Universitatea Transilvania din Brașov (Facultățile Inginerie mecanică, Inginerie electrică și știința calculatoarelor, Silvicultură și exploatarea forestiere).

În cadrul implementării proiectului sunt realizate colaborări internațională cu diverse agenții, universități și companii:

- ✓ **Institutul Științe Spațiale (ISS) al Agenției Spațiale din Romania (ROSA)** – colaborare pe probleme de elaborare/testare sisteme satelitare, testarea nanosateliților <https://www2.space-science.ro/>.
- ✓ **Romanian InSpace Engineering (RISE)** - colaborare pe domenii de proiectele de cercetare/dezvoltare, know-how-ul de prototipare și testare la nivel start-up, dezvoltare software de automatizare. <https://roinspace.com/space-consultancy/>
- ✓ **Institutul de Cercetare și Dezvoltare al Universității Transilvania din Brașov** – cooperare pe probleme de elaborare și testare sisteme satelitare, <https://iesc.unitbv.ro/ro/>

**10. Dificultățile în realizarea proiectului de natură financiară, organizatorică, legate de resursele umane etc. (obligatoriu).**

Riscul de defecțiuni tehnice ale dronelor sau ale echipamentului de monitorizare pot afecta colectarea și calitatea datelor. Acest risc a fost tratat prin utilizarea echipamentelor din dotarea Centrul Național Tehnologii Spațiale UTM, testării tehnice riguroase înainte de fiecare misiune și implementarea unui program de mentenanță periodică. Riscul legat de reglementările și restricțiile de zbor, a fost tratat prin elaborarea un plan de rezervă bazat pe simulări și metode alternative de colectare a datelor în cazul în care utilizarea dronelor în condiții reale nu era posibilă (seturi de date prestate de parteneri – Compania **Cart Engineering** și utilizarea simulatoarelor de zbor). Pentru a minimiza riscurile de accidente sau daune materiale, au fost respectate protocoalele stricte de siguranță, iar către testările pe teren au fost admiși doar piloții de drone experimentați și instruiți corespunzător. Riscurile principale în realizarea proiectului sunt legate în general de reținerile în procurarea componentelor electronice și materialelor necesare.

**11. Recomandări, propuneri (opțional).**

Conducătorul de proiect dr. hab. Viorel Bostan / (numele, prenumele, semnătura)

Data:

LS



*Viorel Bostan*

## Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2025

*Cifra proiectului 25.80012.5007.71SE*

*Denumirea Proiectului Cercetarea metodelor inteligente și mijloacelor eficiente pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor*

Etapa I a proiectului a avut ca obiectiv principal definirea conceptului general și a arhitecturii unui sistem inteligent destinat monitorizării zonelor forestiere, culturilor perene și suprafețelor acvatice prin utilizarea dronelor. Necesitatea unui astfel de sistem se bazează pe cerința de a obține informații rapide, precise și actualizate despre starea ecosistemelor, folosind tehnologii moderne de achiziție și procesare a datelor. Având în vedere avansul tehnic în domeniul dronelor și al inteligenței artificiale, proiectul propune o metodologie integrată ce combină senzorială avansată, procesarea imaginilor și sisteme software inteligente.

Prima direcție de cercetare din cadrul Etapei I a vizat analiza metodelor existente pentru monitorizarea aeriană a zonelor forestiere, culturilor perene și suprafețelor acvatice. Au fost studiate tehnici moderne de achiziție a datelor utilizând camere RGB, multispectrale și termale, precum și procedee de analiză bazate pe indicatori de vegetație, clasificare automată a obiectelor și detectarea schimbărilor de mediu. Această activitate a permis identificarea avantajelor și limitărilor fiecărei metode, subliniind importanța combinării informațiilor provenite din diferite tipuri de senzori pentru o evaluare cât mai completă. Totodată, analiza a evidențiat necesitatea dezvoltării unor algoritmi eficienți care să permită prelucrarea rapidă a datelor, având în vedere volumele mari de informații generate de drone.

A doua activitate majoră a etapei a fost elaborarea arhitecturii sistemului de monitorizare. Arhitectura propusă integrează trei niveluri principale: nivelul de achiziție a datelor (drona și senzorii integrați), nivelul de stocare și preprocesare (sisteme embedded de pe dronă sau soluții intermediare) și nivelul de analiză și vizualizare (platforma centralizată hardware și software). Această structură modulară permite scalabilitatea sistemului și adaptarea sa pentru diverse scenarii și tipuri de ecosisteme monitorizate. În cadrul acestei activități au fost definite fluxurile de date, metodele de transfer și procedurile de procesare automată, punând bazele unui cadru arhitectural robust pentru etapele următoare ale proiectului.

Un alt rezultat important al Etapei I îl constituie realizarea unui prototip funcțional al sistemului, utilizând o dronă echipată cu senzori și mecanisme de analiză primară a datelor. Prototipul a servit drept etapă preliminară pentru validarea conceptului și pentru testarea fluxurilor de achiziție și transmitere a informațiilor. Sistemul prototip a fost prezentat în cadrul evenimentului „Noaptea Cercetătorilor Europeni 2025”, organizat de UTM, promovând rezultatele inițiale ale proiectului și evidențiind potențialul tehnologiilor dezvoltate.

În concluzie, Etapa I a proiectului a furnizat o bază teoretică și practică solidă pentru dezvoltarea ulterioară a unui sistem complex de monitorizare bazat pe drone. Au fost definite metodele de achiziție a datelor, a fost elaborată arhitectura sistemului și a fost realizat primul prototip funcțional. Rezultatele obținute permit avansarea către etapele de optimizare, integrare de algoritmi avansați de inteligență artificială și validare operațională în condiții reale, consolidând direcția strategică a proiectului în domeniul monitorizării inteligente a mediului.

Stage I of the project had as its main objective the definition of the general concept and architecture of an intelligent system designed for the monitoring of forest areas, perennial crops, and aquatic surfaces using drones. The need for such a system is based on the requirement to obtain fast, precise, and up-to-date information about the state of ecosystems, using modern data acquisition and processing technologies. Considering the technical advances in the fields of drones and artificial intelligence, the project proposes an integrated methodology that combines advanced sensing, image processing, and intelligent software systems.

The first research direction within Stage I focused on analyzing existing methods for aerial monitoring of forest areas, perennial crops, and aquatic surfaces. Modern data acquisition techniques using RGB, multispectral, and thermal cameras were studied, as well as analysis procedures based on vegetation indices, automatic object classification, and environmental change detection. This activity enabled the identification of the advantages and limitations of each method, highlighting the importance of combining information from different types of sensors for a more complete evaluation. At the same time, the analysis emphasized the need to develop efficient algorithms capable of rapid data processing, given the large volumes of information generated by drones.

The second major activity of this stage was the development of the monitoring system architecture. The proposed architecture integrates three main levels: the data acquisition level (the drone and its integrated sensors), the storage and preprocessing level (embedded systems on the drone or intermediate solutions), and the analysis and visualization level (the centralized hardware and software platform). This modular structure allows the system to be scalable and adaptable to various scenarios and types of monitored ecosystems. Within this activity, data flows, transfer methods, and automatic processing procedures were defined, establishing the foundation of a robust architectural framework for the next stages of the project.

Another important result of Stage I is the development of a functional system prototype, using a drone equipped with sensors and primary data analysis mechanisms. The prototype served as a preliminary step for validating the concept and testing data acquisition and transmission flows. The prototype system was presented at the event "European Researchers' Night 2025," organized by UTM, promoting the initial results of the project and highlighting the potential of the developed technologies.

In conclusion, Stage I of the project provided a solid theoretical and practical foundation for the further development of a complex drone-based monitoring system. The data acquisition methods were defined, the system architecture was developed, and the first functional prototype was built. The results obtained enable progress toward the stages of optimization, integration of advanced artificial intelligence algorithms, and operational validation in real-world conditions, strengthening the strategic direction of the project in the field of intelligent environmental monitoring.

Conducătorul de proiect dr. hab. Viorel Bostan/ (numele, prenumele, semnătura)

Data:

LS



**Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice  
publicate în anul 2025 în cadrul proiectului**

**Cercetarea metodelor inteligente și mijloacelor eficiente pentru monitorizarea zonelor  
forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor  
(denumirea proiectului)**

**1. Monografii** (recomandate spre editare de consiliul științific/senatul organizației din domeniile cercetării și inovării)

1.1. monografii internaționale

1.2. monografii naționale

**2. Capitole în monografii naționale/internaționale**

**3. Editor culegere de articole, materiale ale conferințelor naționale/internaționale**

**4. Articole în reviste științifice**

4.1. în reviste din bazele de date Web of Science și SCOPUS (cu indicarea factorului de impact IF)

4.2. în alte reviste din străinătate recunoscute

4.3. în reviste din Registrul National al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

4.4. în alte reviste naționale

**5. Articole în culegeri științifice naționale/internaționale**

5.1. culegeri de lucrări științifice editate peste hotare

5.2 culegeri de lucrări științifice editate în Republica Moldova

**6. Articole în materiale ale conferințelor științifice**

6.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

6.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

6.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

6.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

**7. Teze ale conferințelor științifice**

7.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

7.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova)

7.3. în lucrările conferințelor științifice naționale cu participare internațională

7.4. în lucrările conferințelor științifice naționale

Notă: vor fi considerate teze și nu articole materialele care au un volum de până la 0,25 c.a.

**8. Alte lucrări științifice** (recomandate spre editare de o instituție acreditată în domeniu)

### 8.1. cărți (cu caracter informativ)

## 8.2. enciclopedii, dicționare

8.3. atlase, hărți, albume, cataloage, tabele etc. (ca produse ale cercetării științifice)

**9. Brevete de invenții și alte obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții**

## 10. Lucrări științifico-metodice și didactice

10.1. manuale pentru învățământul preuniversitar (aprobate de ministerul de resort)

10.2. manuale pentru învățământul universitar (aprobate de consiliul științific /senatul instituției)

### 10.3. alte lucrări științifico-metodice și didactice

## 11. Recomandări, propuneri.

**Executarea devizului de cheltuieli,  
conform anexei nr. 2.3 din contractul de finanțare pentru anul 2025**

**Cifra proiectului**     25.80012.5007.71SE

| Cheltuieli, lei                                                                                                   |             |                  |                  |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|------------------|------------------|
| Denumirea                                                                                                         | Cod         |                  | Anul de gestiune |                  |
|                                                                                                                   | Eco<br>(k6) | Aprobat          | Modificat<br>+/- | Precizat         |
| Deplasări de serviciu în interiorul țării                                                                         | 222710      |                  |                  |                  |
| Deplasări de serviciu peste hotare                                                                                | 222720      |                  |                  |                  |
| Servicii medicale                                                                                                 | 222810      |                  |                  |                  |
| Servicii de editare                                                                                               | 222910      |                  |                  |                  |
| Servicii de protocol                                                                                              | 222920      |                  |                  |                  |
| Servicii de cercetări științifice contractate<br>(salarizarea membrilor echipei - 80%)                            | 222930      | 232 128,0        |                  | 232 128,0        |
| Servicii neatribuite altor aliniate<br>(publicarea articolelor științifice / servicii laborator)                  | 222999      |                  |                  |                  |
| Servicii neatribuite altor aliniate<br>(salarizarea personalului din afara instituției)                           | 222999      |                  |                  |                  |
| Servicii neatribuite altor aliniate<br>(salarizarea personalului administrativ - 5%)                              | 222999      | 14 880,0         |                  | 14 880,0         |
| Alte cheltuieli în bază de contracte cu persoane fizice                                                           | 281600      |                  |                  |                  |
| Cheltuieli curente neatribuite la alte categorii<br>(taxele de participare la forumuri și evenimente științifice) | 281900      |                  |                  |                  |
| Procurarea mașinilor și utilajelor                                                                                | 314110      | 43 392,0         |                  | 43 392,0         |
| Procurarea activelor nemateriale                                                                                  | 317110      |                  |                  |                  |
| Procurarea combustibilului, carburanților și lubrifianților                                                       | 331110      |                  |                  |                  |
| Procurarea produselor alimentare                                                                                  | 333110      |                  |                  |                  |
| Procurarea materialelor pentru scopuri didactice, științifice și alte scopuri                                     | 335110      | 9 600,0          |                  | 9 600,0          |
| Procurarea materialelor de uz gospodăresc și rechizite de birou                                                   | 336110      |                  |                  |                  |
| Procurarea altor materiale                                                                                        | 339110      |                  |                  |                  |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                      |             | <b>300 000,0</b> |                  | <b>300 000,0</b> |

Notă: În tabel se prezintă doar categoriile de cheltuieli din contract ce sunt în execuție și modificările aprobate (după caz)

Rector U.T.M.

V. J.  
(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN  
(numele, prenumele)

Contabil (economist)

V. J.  
(semnătura)

Victoria IOVU  
(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect

V. J.  
(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN  
(numele, prenumele)



## Componența echipei conform contractului de finanțare 2025

Cifrul proiectului 25.80012.5007.71SE

| Echipa proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru 2025 |                                                      |               |                   |                                                    |                |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------|-------------------|----------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| Nr                                                                                          | Nume, prenume<br>(conform contractului de finanțare) | Anul nașterii | Titlul științific | Norma de muncă sau nr. de ore conform contractului | Data angajării | Data eliberării |
| 1.                                                                                          | Bostan Viorel                                        | 1972          | Dr.               | 25.5                                               | 01.08.2025     | 31.12.2025      |
| 2.                                                                                          | Cărbune Viorel                                       | 1985          | Dr.               | 24.0                                               | 01.08.2025     | 31.12.2025      |
| 3.                                                                                          | Calmîcov Igor                                        | 1981          | Dr.               | 24.0                                               | 01.08.2025     | 31.12.2025      |
| 4.                                                                                          | Ursu Adriana                                         | 1997          | f-grad            | 24.0                                               | 01.08.2025     | 31.12.2025      |

| Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2025 |               |               |                   |                                                    |                |
|-----------------------------------------------------------|---------------|---------------|-------------------|----------------------------------------------------|----------------|
| Nr                                                        | Nume, prenume | Anul nașterii | Titlul științific | Norma de muncă sau nr. de ore conform contractului | Data angajării |
| 1.                                                        |               |               |                   |                                                    |                |
| 2.                                                        |               |               |                   |                                                    |                |
| 3.                                                        |               |               |                   |                                                    |                |

Rector U.T.M.

  
 (semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

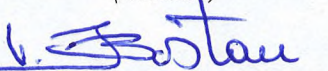
Contabil (economist)

  
 (semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect

  
 (semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Data:

  
 LŞ



**EXTRAS**  
**din Procesul Verbal**  
**al ședinței Consiliului Științific UTM**  
**din 02 decembrie 2025**

Prezenți: 14 membri ai Consiliului științific al UTM – Vasile Tronciu, *Prorector pentru cercetare, prof. univ., dr. hab.*; Bostan Ion, *Academician AȘM, prof. univ., dr. hab.*; Bostan Viorel, *Rector UTM, prof. univ., dr. hab.*; Siminiuc Rodica, *Directoare a ȘD UTM, conf. univ., dr.*; Sturza Rodica, *Membbru cor. AȘM, prof. univ., dr. hab.*; Ghendov-Moșanu Aliona, *conf. univ., dr. hab.*; Caisin Larisa, *prof. univ., dr. hab.*; Cepoi Liliana, *Director, Institutul de Microbiologie și Biotehnologie al UTM, conf. univ., dr.*; Gheorghită Maria, *prof. univ., dr.*; Monaico Eduard; *dr., conf. cercet.*; Țurcanu Dinu, *dr., conf. univ.*; Țîrșu Mihai; *Director Institutul de Energetică UTM, conf. univ., dr.*; Popovici Mihail, *conf. univ., dr.*; Muntean Viorel, *Doctorand UTM*

**S-A DISCUTAT:** audierea rezultatelor științifice obținute pe parcursul anului 2025 al proiectului din cadrul Concursului de proiecte „Stimularea excelenței cercetărilor științifice” pentru anii 2025-2026: 25.80012.5007.71SE „Cercetarea metodelor inteligente și mijloacelor eficiente pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor”, Conducător de proiect: *dr. hab. Viorel BOSTAN.*

**S-A DECIS:** aprobarea rezultatelor științifice obținute pe parcursul anului 2025 al proiectului din cadrul Concursului de proiecte „Stimularea excelenței cercetărilor științifice” pentru anii 2025-2026: 25.80012.5007.71SE „Cercetarea metodelor inteligente și mijloacelor eficiente pentru monitorizarea zonelor forestiere, perene și suprafețelor acvatice cu aplicarea dronelor”, Conducător de proiect: *dr. hab. Viorel BOSTAN.*



Președinte al CȘ UTM,  
Vasile TRONCIU, dr. hab., prof. univ.

Secretar al CȘ UTM,  
Liliana CEPOI, dr. hab.