



Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA din București

Splaiul Independenței 313, sector 6, București, 060042

Tel.: +4021-4029494, Fax: +4021-3181014

PLANUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE ȘI INOVARE

**PENTRU PERIOADA 2022 - 2027
(PNCDI IV)**

NR. CONTRACT / DATA

DENUMIRE PROIECT

ETAPA DE ELABORARE

ACTIVITATEA

NR. VOL. / VERSIUNE

TERMEN DE PREDARE

AUTORITATE CONTRACTANTĂ

AUTORITATE PUBLICĂ

**UNITATEA RESPONSABILĂ DE
ACTIVITATE**

Rector,

Mihnea COSTOIU

RESPONSABIL PROIECT,

Daniela FAUR

Programul 5.6 : Provocari

Subprogramul 5.6.3 : Soluții

3Sol(T3)/03.09.2024

AI4RISK - Platformă de fuziune și management a colecțiilor de date multi-sursă exploatabile de către modele cu inteligență artificială pentru estimarea și analiza predictivă a situațiilor de risc”

Etapa 1– Proiectare sistem

Activitatea 1.1, 1.2, 1.3.1.4 **Raport centralizator**

1 / 1

05/12/2024

Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării

Serviciul de Protecție și Pază

Politehnica Bucuresti

LOCALITATEA București

LUNA Decembrie

ANUL 2024

Reproducerea sau utilizarea integrală sau parțială a prezentului document în orice publicații și prin orice procedeu (electronic, mecanic, fotocopiare, multiplicare etc.) este interzisă dacă nu există acordul scris al unității elaboratoare



CUPRINS

1	INTRODUCERE	2
1.1	SCOPUL DOCUMENTULUI	2
1.2	CONTEXTUL	2
1.3	OBIECTIVELE SI AȘTEPTĂRILE	2
1.4	REZULTATE PRECONIZATE PENTRU ATINGEREA OBIECTIVELOR	3
2	SINTEZA ACTIVITĂȚILOR DESFĂȘURATE	3
2.1	ACTIVITATEA 1.1 – DEFINIREA CERINȚELOR DE SISTEM ȘI PROIECTAREA SOLUȚIEI	3
2.2	ACTIVITATEA 1.2 – DEZVOLTAREA MODULELOR FUNCȚIONALE – VERSIUNEA 1	4
2.3	ACTIVITATEA 1.3 – DEZVOLTARE SISTEM INTEGRAT – VERSIUNEA 1	5
2.4	ACTIVITATEA 1.4 – DISEMINAREA REZULTATELOR PROIECTULUI AI4RISK	6
3	CONCLUZII	7

Colectiv de realizare :**CO. Politehnica București**

CS II Daniela FAUR

- director proiect
- responsabil Activitatea 1.2

CSIII Liviu Daniel ȘTEFAN

- membru-cercetător
- responsabil Activitatea 1.2

CSIII Iulia COCA

- membru-cercetător

CS III Mihai DOGARIU

- membru-cercetător

CSIII Teodor COSTĂCHIOIU

- membru-cercetător

CS II Corina VĂDUVA

- membru-cercetător

CSIII Alexandru GRIVEI

- membru-cercetător

Drd. Vlad VASILESCU

- membru-cercetător

Drd. Robert VĂTĂȘOIU

- membru-cercetător

P1. ATM

CS III Adrian FOCȘA

- [responsabil de partener]

Conf. Dr. Ing. Cristian MOLDER

- membru cercetător

Lect. Dr. Ing. Damian GORGOTEANU

- membru cercetător

Ing. Adriana MOLDER

- membru cercetător

Ing. Cosmin NĂNĂU

- membru cercetător

Ing. Vlad-Gabriel POPESCU

- membru cercetător

P2.UTB

CS I Mihai IVANOVICI

- [responsabil de partener]

CSI Corneliu FLOREA

- membru cercetator

As. cerc. Matei DEBU

- membru cercetator

CSIII Ioana PLAJER

- membru cercetator

CSIII Șerban OPRIȘESCU

- membru cercetator

CSII Alexandra BĂICOIANU

- membru cercetator

CSIII Ștefan POPA

- membru cercetator

CSIII Andrei RACOVÎTEANU

- membru cercetator

Drd Kamal MARANDSKIY

- membru cercetator

P3. ESRI

Lucian ZAVATE

- [responsabil de partener]

Ionut SANDRIC

- membru cercetator

1 Introducere

1.1 Scopul documentului

Scopul acestui document este de a sintetiza rezultatele și concluziile obținute în cadrul celor patru activități ale proiectului AI4RISK, oferind o perspectivă unitară asupra progreselor realizate în definirea cerințelor de sistem, dezvoltarea modulelor funcționale, integrarea soluțiilor tehnologice și diseminarea rezultatelor.

1.2 Contextul

Proiectul AI4RISK are ca scop consolidarea securității naționale prin utilizarea tehnologiilor de învățare automată pentru analiza și interpretarea datelor complexe provenite din surse diverse, cu scopul de a identifica și anticipa potențiale riscuri de securitate. Proiectul are ca obiective realizarea unei soluții inovatoare de colectare și procesare automată a colecțiilor de date satelitare și aeriene prin implementarea metodelor generative pentru îmbunătățirea caracteristicilor imaginilor aeriene; realizarea și implementarea modelelor de inteligență artificială explicabilă containerizate, implementarea platformei pentru analiza predictivă și estimarea riscurilor bazată pe întrebările utilizatorului, integrarea și vizualizarea datelor în platformă, prin implementarea unor servicii de cartografiere și redarea fluxurilor de imagini în timp real.

1.3 Obiectivele si așteptările

Obiectivul major este dezvoltarea unei platforme bazată pe tehnologii de învățare automată pentru analiza și interpretarea datelor complexe provenite din surse diverse, cu scopul de a identifica și anticipa potențiale riscuri de securitate. Sistemul AI4RISK va fi capabil să sprijine deciziile bazate pe date complexe și să faciliteze analiza predictivă a situațiilor de risc într-un mod sigur și facil pentru utilizatori.

Activitatea 1.1 a proiectului AI4RISK s-a concentrat pe definirea cerințelor de sistem și proiectarea unei soluții tehnice care să sprijine analiza predictivă a riscurilor. Principalele obiective ale acestei etape au fost documentarea soluțiilor compatibile existente, stabilirea specificațiilor pentru integrarea datelor multi-sursă și identificarea cerințelor operaționale pentru diverse scenarii de risc.

Activitatea 1.2 a proiectului AI4RISK a avut ca scop dezvoltarea modulelor funcționale necesare pentru implementarea platformei destinate analizei și gestionării situațiilor de risc. Principalele obiective au inclus analiza și selecția soluțiilor tehnologice, proiectarea algoritmilor și documentarea metodelor pentru integrarea datelor multi-sursă. Un prim obiectiv a fost analiza soluțiilor existente pentru îmbunătățirea calității imaginilor aeriene și multimedia. S-a pus accent pe identificarea metodelor eficiente de procesare, care să asigure rezultate precise și utilizabile în analiza riscurilor. Ulterior, au fost selectați și documentați algoritmi de învățare automată și inteligență artificială explicabilă (XAI), având ca scop integrarea lor în platformă pentru estimarea și gestionarea situațiilor de risc.

Un aspect esențial al activității a fost stabilirea metodelor de transformare a imaginilor multimedia și a videoclipurilor în date textuale descriptive, utilizabile în analiza situațiilor de risc în timp real. Aceste metode contribuie la generarea de rapoarte sintetizate, ușor de interpretat de către utilizatori, pe baza informațiilor extrase din date complexe. De asemenea, au fost identificate și clasificate seturi de date relevante pentru fiecare tip de analiză, cum ar fi detecția și urmărirea obiectelor, precum și analiza mulțimilor. Aceste seturi de date, combinate cu algoritmi avansați, permit monitorizarea precisă și anticiparea riscurilor în diverse scenarii. În final, activitatea a inclus documentarea soluțiilor pentru interacțiunea utilizatorilor cu platforma, prin dezvoltarea unor interfețe intuitive și integrarea unui chatbot.

Activitatea de „Dezvoltare a sistemului integrat are doua etape: prima parte – Activitatea 1.3 in aceasta etapa si cea de-a doua Activitatea 2.3 in Etapa 2, corespunzătoare anului 2025. Obiectivele A1.3 au fost realizate integral, conform bugetului alocat, rezultatele fiind detaliate în prezentul raport.

1.4 Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivelor

- Elaborarea unui model detaliat al arhitecturii sistemului, incluzând toate componentele și fluxurile de date între acestea;
- Definirea clară a straturilor funcționale (gestionarea datelor, procesare avansată, interfață utilizator).
- Dezvoltarea unui mecanism eficient pentru agregarea și armonizarea datelor provenite din surse diverse (imagini aeriene, fluxuri video, date textuale, rapoarte de risc).
- Crearea unei baze de date centralizate care permite integrarea și procesarea unitară a datelor multi-sursă.
- Implementarea unui sistem de procesare în timp real care să gestioneze simultan fluxuri multiple de date, inclusiv video și text.
- Dezvoltarea unui modul centralizat care integrează algoritmi de IA pentru detecția și analiza situațiilor de risc.
- Implementarea algoritmilor XAI pentru a oferi încredere în rezultatele generate de sistem.
- Crearea unei interfețe intuitive care va integra un chatbot pentru interacția utilizatorului cu sistemul, hărțile interactive, a fluxurilor video și a rapoartele analizei în interfață.

2 Sinteza activităților desfășurate

2.1 Activitatea 1.1 – Definirea cerințelor de sistem și proiectarea soluției

Proiectul AI4RISK dezvoltă o platformă de analiză și gestionare a riscurilor folosind inteligența artificială și date multi-sursă (UAV, camere terestre, rapoarte textuale, GIS). Etapa 1.1 a proiectului s-a axat pe definirea cerințelor funcționale și non-funcționale, evaluarea tehnologiilor și specificațiilor arhitecturale.

Scopul acestei etape a fost proiectarea unui sistem care să permită identificarea și analiza predictivă a situațiilor de risc, oferind utilizatorilor o soluție integrată pentru gestionarea datelor și generarea de rapoarte relevante.

În cadrul etapei au fost formulate cerințele funcționale pentru a asigura colectarea și procesarea eficientă a datelor provenite din surse multiple, cum ar fi UAV-urile, camerele terestre și rapoartele textuale. Platforma propusă va permite integrarea datelor geospațiale și multimedia, facilitând vizualizarea în timp real a fluxurilor video suprapuse pe hărți interactive. De asemenea, platforma include funcționalități pentru analiza detaliată a riscurilor prin procesarea imaginilor și datelor textuale, contribuind la generarea de sinteze automatizate și rapoarte complexe.

În ceea ce privește cerințele non-funcționale, s-a pus accent pe asigurarea scalabilității prin utilizarea tehnologiilor cloud și a procesării distribuite. Securitatea datelor a fost garantată prin implementarea criptării și a autentificării multi-factor, în timp ce interoperabilitatea cu alte platforme și formate de date a fost obținută prin utilizarea standardelor OGC și a API-urilor ESRI. Aceste măsuri asigură o integrare fluidă a platformei cu infrastructurile existente și oferă flexibilitate în utilizare.

Arhitectura tehnologică a fost proiectată utilizând tehnologii avansate, precum ArcGIS și containere Docker, pentru a permite gestionarea modulară și scalabilă a datelor complexe. Prin utilizarea unei interfețe intuitive, platforma va combina un motor conversațional AI pentru întrebări directe și o hartă interactivă centrală care facilitează accesul rapid la date relevante. Soluția oferă funcții avansate de analiză, cum ar fi identificarea automată a riscurilor și corelarea datelor multimedia și geospațiale.

Prin această etapă, AI4RISK a stabilit bazele pentru o platformă inovatoare capabilă să răspundă provocărilor de securitate națională. Sistemul proiectat oferă o soluție integrată pentru analiza predictivă, sprijinind deciziile rapide și fundamentate în situații critice.

2.2 Activitatea 1.2 – Dezvoltarea modulelor funcționale – versiunea 1

Activitatea 1.2 din cadrul proiectului AI4RISK s-a concentrat pe proiectarea primei versiuni a modulelor funcționale pentru platforma de analiză și estimare predictivă a riscurilor prin studiul soluțiilor existente. Această etapă a avut ca scop proiectarea și testarea unor soluții tehnologice avansate bazate pe inteligență artificială explicabilă, procesarea datelor multimedia și implementarea mecanismelor de interacțiune cu utilizatorul, toate integrate într-o arhitectură scalabilă.

Un obiectiv central a fost îmbunătățirea calității imaginilor aeriene și UAV prin implementarea unor tehnici moderne de prelucrare, cum ar fi modele de super-rezoluție bazate pe difuzie și modele de tip transformer. Algoritmi precum EDiffSR și TTST au fost analizați pentru capacitatea lor de a produce imagini de înaltă calitate, esențiale pentru detecția și analiza ulterioară a riscurilor. De asemenea, metode pentru dezaburirea imaginilor și eliminarea zgomotului au fost documentate, oferind soluții pentru optimizarea imaginilor capturate în condiții nefavorabile. Seturile de date UAVDT și DOTA au fost selectate ca resurse principale pentru antrenarea și validarea acestor algoritmi, datorită diversității și calității lor.

Analiza multimedia a fost un alt aspect esențial, punând accent pe detecția obiectelor, analiza comportamentelor în mulțimi și urmărirea persoanelor și vehiculelor. Algoritmi avansați precum YOLO (în diversele sale versiuni) și Faster R-CNN au fost identificați ca fiind potriviți pentru nevoile proiectului, oferind un echilibru optim între viteză și acuratețe. În plus, transformarea datelor multimedia în descrieri textuale detaliate a fost abordată prin integrarea tehnicilor de sumarizare video și analiza semantico-lingvistică, permițând generarea de rapoarte predictive automatizate.

Integrarea XAI reprezintă o prioritate pentru proiect, astfel încât utilizatorii să poată înțelege și valida deciziile și predicțiile făcute de platformă. Algoritmii explicabili permit generarea unor rapoarte vizuale și textuale care evidențiază raționamentul din spatele fiecărei concluzii, oferind o transparență sporită procesului de analiză. Aceste funcționalități sunt esențiale în contexte operaționale complexe, cum ar fi situațiile de securitate națională.

Un alt progres notabil al acestei etape a fost identificarea unor soluții preliminare pentru un chatbot interactiv ce facilitează interacțiunea utilizatorului cu platforma. Această componentă utilizează procesarea limbajului natural pentru a răspunde la întrebările utilizatorului și pentru a furniza informații în timp real bazate pe analizele efectuate de sistem. Chatbot-ul înlesnește accesul intuitiv la funcționalitățile platformei, reducând curba de învățare și optimizând utilizarea acesteia.

Activitatea 1.2 a avut un impact semnificativ asupra pregătirii tehnice a platformei AI4RISK, stabilind fundamentele pentru dezvoltarea viitoare a sistemului.

2.3 Activitatea 1.3 – Dezvoltare sistem integrat – versiunea 1

Activitatea 1.3 din cadrul proiectului AI4RISK a avut ca scop dezvoltarea primei versiuni a unui sistem integrat destinat analizei predictive a riscurilor, prin combinarea datelor provenite din surse multiple și utilizarea unor tehnologii avansate, precum inteligența artificială explicabilă (XAI). Obiectivul major al acestei activități a fost consolidarea securității naționale prin furnizarea unei platforme capabile să analizeze și să anticipeze situațiile de risc, utilizând algoritmi AI și metode generative pentru procesarea avansată a datelor.

Sistemul propus integrează surse variate de date, inclusiv imagini capturate de UAV-uri, fluxuri video de la camere IP, rapoarte textuale și alte date multimedia. Acestea sunt procesate într-o arhitectură stratificată, care include niveluri dedicate pentru colectarea și validarea datelor, procesarea avansată și furnizarea rezultatelor printr-o interfață interactivă. Sursele de date sunt gestionate prin intermediul unui mecanism de fuziune care asigură interoperabilitatea între formatele și protocoalele utilizate. De exemplu, datele UAV sunt transmise în timp real prin Full Motion Video (FMV) și georeferențiate cu ajutorul ArcGIS Video Server, oferind utilizatorilor o vizualizare integrată pe hărți interactive.

Un element central al platformei este interfața web on-premise, care oferă acces utilizatorilor la funcționalitățile sistemului. Aceasta include componente precum vizualizarea pe hărți interactive, accesul la rapoarte sintetizate și interacțiunea prin chatbot (RiskBot). Chatbot-ul este integrat în interfață și permite utilizatorilor să formuleze întrebări și să primească răspunsuri personalizate bazate pe analiza datelor. Vizualizarea hărților și rapoartelor este completată de posibilitatea de a selecta fluxuri video în timp real, ceea ce oferă o perspectivă operațională detaliată asupra locațiilor monitorizate.

Arhitectura sistemului este susținută de containere Docker, care asigură modularitatea, scalabilitatea și portabilitatea aplicațiilor. Aceste containere gestionează fluxurile de date și procesele analitice, incluzând module pentru detectarea obiectelor, analiza comportamentelor și estimarea riscurilor. De exemplu, modulele dedicate procesării datelor UAV și multimedia utilizează algoritmi avansați pentru detectarea și urmărirea persoanelor și vehiculelor, precum și pentru identificarea comportamentelor anormale sau potențial periculoase. Integrarea serviciilor containerizate cu ArcGIS Video Server și platforma GIS permite accesul utilizatorilor la rezultate precise, în timp real, prin hărți interactive și rapoarte detaliate.

Fluxul operațional al sistemului implică preluarea și procesarea datelor multi-sursă, sincronizarea în

timp real a fluxurilor și furnizarea rezultatelor într-un format accesibil pentru utilizatori. Datele sunt stocate într-o bază de date GIS centralizată, care include mecanisme pentru gestionarea datelor relaționale, caching și stocarea volumelor mari de date spațiale și temporale. Această infrastructură permite realizarea unor analize predictive complexe, utilizând modele AI pre-antrenate și algoritmi XAI, care asigură interpretabilitatea rezultatelor și transparența proceselor analitice.

Pentru testarea funcționalității, au fost definite scenarii care simulează condiții reale, precum monitorizarea evenimentelor publice sau gestionarea situațiilor de securitate. Testarea include evaluarea performanței fiecărui modul, validarea rezultatelor analitice și optimizarea algoritmilor pentru a îmbunătăți robustețea și eficiența sistemului. Integrarea output-urilor analitice în procesul decizional este susținută de vizualizările interactive și rapoartele sintetizate, care oferă o perspectivă completă asupra situațiilor de risc.

Următoarele etape vor continua dezvoltarea și extinderea funcționalităților platformei, asigurând alinierea la cerințele operaționale și standardele de securitate.

2.4 Activitatea 1.4 – Diseminarea rezultatelor proiectului AI4RISK

Activitatea 1.4 din cadrul proiectului AI4RISK a fost dedicată diseminării rezultatelor obținute în prima etapă, având ca obiectiv principal creșterea vizibilității proiectului și promovarea utilizării platformei dezvoltate pentru analiza predictivă a riscurilor. Această etapă a inclus participarea la evenimente științifice naționale și internaționale, publicarea de lucrări și prezentarea de studii de caz care evidențiază contribuția proiectului în diverse domenii.

Primul abstract, intitulat „**Leveraging Artificial Intelligence for Predictive Risk Assessment and Landscape Management in Urban Areas**”, a fost prezentat la conferința internațională „Re-Shaping Territories, Environment and Societies: New Challenges for Geography”. Lucrarea a subliniat rolul platformei AI4RISK în integrarea datelor satelitare, aeriene și de mediu pentru analiza transformărilor peisajului urban și gestionarea vulnerabilităților asociate. Prin utilizarea modelelor avansate de inteligență artificială explicabilă (XAI), platforma oferă predicții precise asupra riscurilor, facilitând luarea deciziilor informate de către autorități. Un exemplu relevant a fost monitorizarea inundațiilor urbane, utilizând date multispectrale și aeriene pentru identificarea zonelor vulnerabile și implementarea măsurilor proactive. Această aplicație demonstrează contribuția AI4RISK la dezvoltarea sustenabilă și gestionarea riscurilor în contexte urbane complexe.

Al doilea abstract, intitulat „**Identificarea și gestionarea riscurilor în agricultură prin integrarea datelor din surse multiple și eterogene**”, a fost prezentat la conferința națională „Contribuția cercetării științifice la dezvoltarea durabilă”. Studiul s-a concentrat pe utilizarea inteligenței artificiale în agricultura 5.0 pentru monitorizarea riscurilor, precum infestările cu dăunători și fenomenele meteorologice extreme. Platforma AI4RISK colectează și procesează date din surse variate (imagini satelitare multispectrale, drone, camere de supraveghere și senzori in situ) pentru a identifica semnele timpurii ale infestării și a oferi predicții în timp real. Algoritmii avansați, cum ar fi YOLO pentru detecție rapidă și CNN pentru analiza spectrală, sunt utilizați pentru a evalua severitatea și tipul infestării. Scenariile implementate sprijină fermierii prin furnizarea de soluții proactive pentru reducerea pierderilor și optimizarea resurselor.

În concluzie, activitatea de diseminare a evidențiat aplicabilitatea extinsă a platformei AI4RISK în domenii variate, de la gestionarea urbană la agricultura inteligentă. Rezultatele prezentate demonstrează impactul științific și practic al proiectului.

3 Concluzii

Activitățile derulate în cadrul proiectului AI4RISK în etapa 1 – Proiectare sistem au stabilit o bază solidă pentru dezvoltarea și implementarea unei platforme avansate de analiză predictivă a riscurilor, prin definirea clară a cerințelor de sistem, dezvoltarea modulelor funcționale, integrarea tehnologiilor inovatoare și diseminarea eficientă a rezultatelor către comunitatea științifică și beneficiari.