



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00142

(22) Data de depozit: 30/03/2021

(41) Data publicării cererii:
30/08/2021 BOPI nr. 8/2021

(71) Solicitant:
• INTELLIGENT TRANSPORT SOLUTION
S.R.L., INTRAREA VAGONETULUI, NR.2,
BL.101, SC.A, ET.2, AP.11, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• DUMITRESCU CĂTĂLIN, STR.SF.MARIA,
NR.1, BL.10 A4, SC.A, ET.6, AP.39,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• ANCUȚA FLORIN, STR. GIB. MIHĂESCU
NR.2, BL. S4, SC. C, AP. 5,
RĂMNICU VĂLCEA, VL, RO

(54) SISTEM ȘI METODĂ PENTRU CULEGEREA, ANALIZA
ȘI CLASIFICAREA DEFECTELOR PANOURILOR
FOTOVOLTAICE, BAZATĂ PE ALGORITMI DE INTELIGENȚĂ
ARTIFICIALĂ PENTRU PRELUCRAREA SIMULTANĂ
A IMAGINILOR DIN SPECTRU VIZIBIL ȘI TERMIC

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem și la o metodă pentru culegerea, analizarea și clasificarea defectelor panourilor fotovoltaice. Sistemul conform invenției se bazează pe detecția simultană a defectelor din imagini în spectrele vizibil și termic și pe algoritmi de inteligență artificială și este alcătuit dintr-o rețea de senzori electro-optici în spectrele vizibil și termic, îmbarcați pe o dronă la bordul căreia se mai află un modul de determinare a coordonatelor GPS și un sistem informațional care realizează prelucrarea informațiilor de la senzori și efectuează calculele necesare și dintr-un sistem central de prelucrare, aflat la sol, pentru calcularea predicției de apariție a defectelor și pentru afișarea rezultatelor analizei în format 3D. Metoda conform invenției folosește algoritmi de analiză a imaginilor bazați pe filtre Lee și extragerea conturilor pe baza algoritmului LPB (Local Binary Pattern), algoritmi pentru determinarea poziției panourilor fotovoltaice pe baza coordonatelor GPS și pentru extragerea regiunii de interes și algoritmi Deep Learning de tip G-CNN (rețele neuronale convoluționale de tip grid) pentru clasificarea defectelor identificate.

Revendicări: 9
Figuri: 3

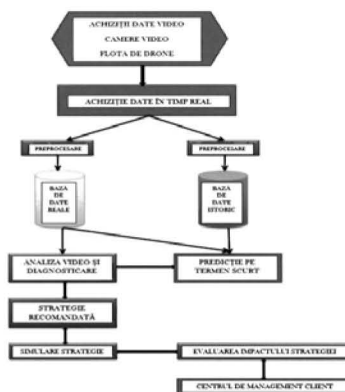
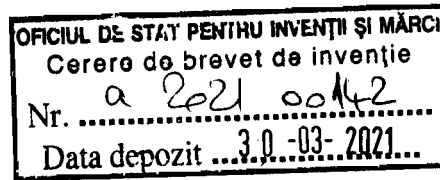


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





Sistem și Metodă pentru culegere, analiza și clasificarea defectelor panourilor fotovoltaice, bazată pe algoritmi de Inteligența Artificială pentru prelucrarea simultană a imaginilor din spectru vizibil și termic

DUMITRESCU Catalin, ANCUȚA Florin

Invenția se referă la o metodă și un sistem hardware pentru culegerea, analiza și clasificarea defectelor din analiza reunită a imaginilor din spectrul vizibil și termic, bazat pe un sistem compus dintr-o dronă, camera termică, calculator de prelucrare îmbarcate pe dronă și algoritmi de analiză și clasificare de tip Deep Learning, pentru determinarea defectelor panourilor fotovoltaice.

Scăderea emisiilor de gaze cu efect de seră poate fi realizată prin trecerea la sisteme de energie regenerabilă, cum sunt matricele fotovoltaice (FV) și turbinele eoliene. Utilizarea surselor regenerabile de energie (SRE) oferă avantajul sustenabilității tuturor aspectelor legate de dezvoltarea sectorului energetic. Tehnologia fotovoltaică a devenit un actor major în sectorul producerii energiei electrice la nivel mondial și este în prezent una dintre cele mai dezvoltate SRE fiind scalabilă de la aplicații rezidențiale până la aplicații comerciale.

În această invenție, folosim un model bazat pe algoritmi de Inteligență Artificială pentru determinarea și clasificarea defectelor din panourile fotovoltaice prin analiza reunită a imaginilor obținute în spectrul vizibil și termic. Invenția propusă reprezintă o modalitate practică de a reduce apariția defectelor și de a minimiza costurile de mentenanță.

Mai mult decât atât, introducem în această invenție, cu caracter de noutate, un modul de analiză simultană a imaginilor din spectrele vizibil și termic, ceea ce va conduce la un model performant de analiză și clasificare a defectelor panourilor fotovoltaice.

Caracteristica remarcabilă a metodelor tradiționale este extragerea artificială a caracteristicilor. Metoda tradițională de extragere a caracteristicilor obiectelor în imagini satelitare și drone, sunt extragerea nivelului de gri, raportul de contrast, textura, forma și relația spațială prin metoda histogramei orientate pe gradientului (HOG), model binar local (LBP), transformarea caracteristicii invariante la scară (SIFT) și funcția Haar (Haar), pentru a distinge elementele de interes ale obiectelor din imagini. Rezultatele acestor metode de extragere a caracteristicilor au un raport constant de alarmă falsă (CFAR). Dintre acestea, cele mai utilizate metode sunt: (1) algoritmul de detectare cu doi parametri CFAR bazat pe distribuția Gauss propusă de Lincoln Laborator [1]; (2) Detectia CFAR bazată pe distribuția Weibull de către Kuttikkad [2] și detectarea CFAR propusă de Anastassopoulos [3].

În plus, datorită unui număr mare de calcule în determinarea parametrilor utilizând metodele menționate mai sus, distribuția, viteza de prelucrare a algoritmilor nu poate satisface nevoile realelor neuronale.

O altă metoda tradițională este detectarea bazată pe șabloane [4-7], care ia în considerare caracteristicile obiectului și fundalul, estimând caracteristicile de difuzare a zonei mici din jurul obiectelor.

Cu toate acestea, setarea parametrilor șablonului se bazează pe experiența analistului, nevând un suport teoretic, iar capacitatea sa de migrare este slabă. Pe scurt, aceste metode tradiționale de detectare a obiectelor se află într-o dilemă a extragerii de caracteristici din imagini, care nu este suficient de flexibilă și inteligentă, iar viteza de detectare este lentă.

Caracteristica remarcabilă a metodelor moderne de învățare profundă este extragerea automată a caracteristicilor obiectelor din imagini [8,9].

În prezent, tot mai mulți cercetători încep să studieze și să utilizeze algoritmi de detectare a obiectelor bazat pe metode bazate pe date și inteligență artificială (AI) [10-17, 18-23]. O rețea neuronală convoluțională (CNN) [8] este cea mai utilizată metodă. Metodele tradiționale (cum ar fi SIFT, HOG) sunt înlocuite de caracteristici extrase cu ajutorul rețelelor de convoluție.

În orice caz, cel mai mare dezavantaj al CNN este numărul mare de calcule, rezultând o viteză de detectare scăzută. Prin urmare, FastCNN [9, 10] a fost propusă pentru a rezolva această problemă prin obținerea unei regiuni de interes (ROI) în hărțile caracteristice imaginilor.

Cu toate acestea, în prezent, atât metodele tradiționale de extragere a caracteristicilor, cât și metodele de învățare profundă se concentrează pe îmbunătățirea preciziei de detectare a obiectelor din imagini (pattern recognition) [16,17,18-23], iar viteza de detecție este neglijată. Cu toate acestea, viteza de detectare a obiectelor din imagini este extraordinar de semnificativă, în special în sistemele care trebuie să lucreze în timp real și pentru luarea deciziilor într-un timp cât mai scurt.

În general, aplicațiile practice pentru detectarea obiectelor din imagini constă în două etape: (1) achiziționarea de imagini de la aeronave, drone sau satelit; și (2) interpretarea imaginilor.

De fapt, cercetările din prezent [3-7,16-18,20-23] privind detectarea obiectelor din imagini utilizând rețele neuronale convoluționale sunt efectuate pe baza imaginilor obținute în condiții optime (laborator, baze de date publice), fără a lua în considerare procesul de prelucrare și analiză a imaginilor mai ales dacă acestea sunt afectate de zgomot și conținut informațional scăzut.

Problema tehnică rezolvată de invenție constă în achiziția, prelucrarea, analiza, predicția și clasificarea simultană de informații de la camerele video în spectrele vizibil și termic, privind informațiile pe baza cărora se determină defectele panourilor fotovoltaice, fără utilizarea vreunui

element de infrastructură de comunicații, cu un consum redus de energie și cu efecte minime asupra mediului înconjurător.

Invenția rezolvă această problemă tehnică prin aceea că asigură culegerea de informații privind defectele panourilor fotovoltaice, prin utilizarea unui sistem tehnic compus dintr-o dronă, pe care sunt instalate camerele video în spectrul vizibil și termic, iar analiza și clasificarea se realizează pe un calculator de tip embedded instalat pe dronă.

Sistemul pentru detectia și clasificarea defectelor aparute la panourile fotovoltaice, bazat pe detectia simultană a defectelor din imagini în spectrele vizibil și termic și algoritmi performanți de Inteligență Artificială, conform invenției, este caracterizat prin faptul că este compus dintr-o dronă, o rețea de senzori electro-optici și calculator embedded îmbarcate, alimentați electric de la sistemul de alimentare al dronei și putând comunica radio cu un echipament de calcul tip Unitate de Calcul (UC) aflat, la sol, sistemul fiind capabil să detecteze și să clasifice defectele descoperite, acestea fiind transmise la UC pentru analiza și predicția ulterioară a acestora constând în:

- localizare poziției panoului fotovoltaic, bazată pe poziționarea GPS și pe un algoritm dezvoltat în cadrul invenției care realizează corelarea coordonatelor GPS cu extragerea imaginii de tip Regiune de Interes;
- zonare (*georeferențială*) și de sortare a categoriilor de defecte analizate și clasificate, în vederea înlăturării acestora.

Metoda, conform invenției, asigură analiza și clasificarea defectelor, utilizând detecția acestora cu dispozitive electro-optice în spectrul vizibil și termic, a poziției panoului identificat cu defecte, pentru determinarea următoarelor categorii de informații: densitatea numărului estimat de defecte aflate într-o arie determinată, densitatea numărului predictibil de defecte ce se îndreaptă spre apariția de defecte permanente și localizarea acestora prin zonare georeferențială.

Metoda folosește algoritmi de analiză a imaginilor bazați pe filtre Lee și extragerea conturilor pe baza algoritmului LPB (Local Binary Pattern), algoritmi pentru determinarea poziției panourilor fotovoltaice bazat pe coordonate GPS și extragerea Regiunii de Interes și algoritmi Deep Learning de tip G-CNN (rețele neuronale convoluționale de tip grid) pentru clasificarea defectelor identificate.

Algoritmii utilizați în această invenție pot clasifica și predicționa defectele și apariția acestora la panourilor fotovoltaice, astfel încât să se reducă la maximum fatalitatea și minimizarea timpului de mentenanță.

Conform metodei invenției, analiza cu filtrul Lee a datelor achiziționate se realizează pentru reprezentarea fiecărui element din compunerea panourilor fotovoltaice de tip cluster din densitatea de amplasare a acestora, afișarea rezultatelor prin reprezentarea grupurilor clusterizate prin corelarea cu coordonatele georeferențiale utilizează componente software constând în:

- realizarea unui nucleu central de reprezentare pentru care mulțimea acestor puncte este considerată ca aparținând în mod sigur celulelor fotovoltaice, punctele din această mulțime pe baza analizei spectrale și a Regiunii de Interes (ROI) determină poziția față de centrul panoului fotovoltaic pe harta georeferențială al zonei respective;
- determinarea unor grupe de tip subgrupuri: pentru determinarea celulelor multiple defecte din compunerea panourilor fotovoltaice.

Este realizată cu caracter permanent stocarea în memoria centrală a sistemului UC de achiziție și predicție.

Sistemul, conform invenției, constă în implementarea unei platforme hardware și software, care să asigure suportul în fundamentarea deciziilor și coordonarea activităților de mentenanță în centrele de producere a energiei electrice utilizând panouri fotovoltaice. Astfel, principalul modul al invenției este alcătuit dintr-un sistem de detectare și clasificare a defectelor panourilor fotovoltaice, iar al doilea modul al invenției este destinat pentru predicția apariției acestora.

Sistemul propus în invenție este alcătuit dintr-un sistem informațional compus din sistemul decizional, care are în compunere o dronă pe care sunt imbarcate calculatorul embedded și senzorii electro-optici în spectru vizibil și termic, sistemul informatic care realizează achiziția, prelucrarea și clasificarea datelor și sistemul operational, conform Figurii 1, astfel încât să se realizeze georeferențierea defectelor identificate, dispunerea celulelor defecte identificate din cadrul unui panou fotovoltaic, prelucrarea, analiza, clasificarea și predicția defectelor din centrele de producere a energiei electrice pe baza panourilor fotovoltaice.

Sistemul informațional are componenta principală formată din sistemul informatic (Figura 2), alcătuită din următoarele componente funcționale:

- un modul de colectare și prelucrare a informațiilor video obținute de la arie de senzori electro-optici de detecție, extragerea imaginilor statice (frame-by-frame);
- să înregistreze (stocare) aceste informații precum și informații rezultate din prelucrarea lor;
- un modul de prelucrare a imaginilor care utilizează filtrul Lee și algoritmul LBP;
- un modul care asigură accesul la informații în vederea comunicării informațiilor către unitatea informatică centrală de la sol (UC);

- un modul de clasificare a defectelor și de calculare a predicțiilor utilizând rețele neuronale convoluționale de tip grid (G-CNN).
- un modul de analiză software pentru identificarea și analiza predicțiilor privind posibilitatea de apariție a defectelor la panourile fotovoltaice.

Avantajele invenției sunt:

- se bazează pe utilizare unei baze de antrenare care înglobează defectele care sunt generate de către celulele și panourile fotovoltaice, pe baza căreia se poate realiza clasificarea și predicția.
- Modularitatea sistemului propus prin invenție
- modelul de clasificare utilizează o configurație inovativă de rețele neuronale convoluționale îmbinate într-o structură de tip G-CNN (rețea neuronală convoluțională de tip grid) cu aplicabilitate în clasificarea obiectelor din imagini obținute de la dronă și satelitare.
- Modulul de analiză a pattern-urilor din imagini se realizează conform invenției prin algoritmi inovativi compuși dintr-o combinație a filtrului Lee cu algoritmul LBP.
- Analiza simultană a imaginilor obținute de la senzorii electro-optici în spectrul vizibil și termic.
- Calculele matematice se realizează cu un calculator embedded imbarcat pe dronă.
- Posibilitate monitorizarea trasabilității defectelor dintr-o arie de interes utilizând hărți celulelor virtuale (*georeferențiere*);
- Soluția propusă conform invenției ajută la realizarea mentenanței panourilor cu panouri fotovoltaice reducând costurile de întreținere.
- Soluția propusă conform invenției are impact minim asupra mediului.

Invenția este prezentată pe larg în continuare în concordanță și cu figurile 1- 3, care reprezintă:

- Figura 1: *Arhitectura generală a sistemului pentru detecție defectelor, imperfecțiunilor și evaluare integrității panourilor fotovoltaice conform invenției;*
- Figura 2: *Arhitectura software pentru detectarea, analiza și clasificarea defectelor panourilor fotovoltaice conform invenției;*
- Figura 3: *Arhitectura rețelei neuronale convoluționale de tip G-CNN conform invenției.*

Prezentarea soluției tehnice

Sistemul conform invenției, de culegere, analiză, clasificare și predicție a defectelor aferente panourilor fotovoltaice, se caracterizează prin aceea că este compus dintr-o dronă pe care sunt imbarcate calculatorul de prelucrare – tip embedded și senzorii electro-optici în spectrul vizibil și termic, asigurându-se localizarea prin intermediul coordonatelor GPS și a determinării Regiunii

de Interes și un sistem informational de analiză și clasificare care rulează pe calculatorul embadded imbarcat pe dronă și Unitatea Centrală de comandă și control pe care rulează modulul software de predicție pentru posibilitatea de apariție a defectelor (Figura 1).

Informațiile captate de sistemul propus în invenție, se referă la: fluxuri video în domeniul vizibil și termic, eticheta temporală (ID) a panoului solar identificat generat de către harta celulară virtuală a invenției și coordonatele GPS recepționat. Fiecare senzor transmite aceste informații către unitatea embedded de prelucrare, unde are loc prelucrarea, analiza și clasificarea în timp real a acestora, predicția se realizează pe unitatea informatică centrală care recepționează datele transmise de dronă în timp real, constând în:

- Localizare inițială a poziției panourilor fotovoltaice detectate, bazată pe coordonatele GPS și analiza pozițiilor celulelor din compunerea panourilor fotovoltaice prin calcularea distanțelor dintre acestea prin detecția Regiunii de Interes;
- Amplasare georeferențială în cadrul celulei virtuale a panourilor fotovoltaice, în vederea identificării și clasificării defectelor.
- Determinarea clasificării defectelor pentru fiecare panou fotovoltaic identificat.
- Predicționarea apariției defectelor dintr-o anumită arie.

Sistemul, conform invenției, se compune din următoarele module funcționale conform figurilor 1 și 2:

- Un sistem compus dintr-o dronă, pe care sunt imbarcate calculatorul embedded, senzorii electro-optici în spectrul vizibil – termic și modulul de determinare a coordonatelor GPS pentru determinarea coordonatelor de georeferențiere pentru detecția, analiza, clasificarea și predicția defectelor panourilor fotovoltaice;
- Un modul central de prelucrare imbarcat pe dronă (calculator embedded), format din echipamente și module software de calcul, cu următoarele submodule funcționale:
 - Blocul de analiză a coordonatelor GPS care utilizează un algoritm software pentru extragerea cadrelor din fluxuri video, determinarea Regiunii de Interes (ROI) și realizează informațiile de georeferențiere. De asemenea, acest modul etichetează celulele și panourile fotovoltaice detectate și le plasează în interiorul celulelor virtuale pe baza ID alocat aleator. Identitatea celulelor și a panourilor fotovoltaice este bazată pe unicitatea etichetelor ID alocate, dintr-o arie de interes;
 - Modulul de prelucrare a informațiilor de localizare cu diagrama Voronoi și algoritm Delauny. Pentru impunerea unor constrângeri se aplică în cadrul invenției un caz particular denumit localizare Delaunay optimă, care permite localizare cu o eroare de 0.15 metri. Folosind acest nou algoritm se poate realiza și reprezentarea suprafețelor de localizare în coordonate 3D.

- Modulul de prelucrare și analiză a imaginilor statice (cadre video) care conform invenției se bazează pe combinația dintre filtrul Lee și algoritmul LPB (Local Binary Pattern). Acest modul de analiză va determina (1) parametrii de interes pentru extragerea trăsăturilor specifice identificării defectelor, (2) predicția mecanismului pentru detecția defectelor din cadrul celulelor din compunerea panourilor fotovoltaice și (3) parametrii necesari pentru modelarea defectelor utilizați în rețeaua de clasificare de tip grid realizată cu o rețea neuronală convoluțională.
- Modulul de definire a setului de antrenare pentru rețeaua neuronală care predicționează defectele și apariția acestora. Acest modul conform invenției introduce un algoritm cu caracter inovativ pentru modelarea parametrilor de planificare. Pentru a obține acest efect, am realizat un algoritm inovator de planificare, rezultând un nou model matematic bazat pe rețele convoluționale neuronale pentru detecție (D-CNN).
- Modulul de analiză și predicție a defectelor din cadrul panourilor solare propus în invenție utilizează un model de dinamică de consens sau de difuzie cu input extern. Modelul propus în invenție depinde de numărul de defecte detectate din aria de interes și de nivelul defectului determinat în timp real pe baza algoritmului D-CNN. Comportamentul de detectare a defectelor depinde și de distanțele relative dintre celulele defecte aflate pe un anumit panou fotovoltaic.
- Modulul pentru clasificarea defectelor panourilor fotovoltaice se bazează conform invenției pe un algoritm realizat cu rețele neuronale convoluționale de tip grid (G-CNN), care are ca element principal o rețea neuronală convoluțională de tip motor principal (B-CNN), pentru determinarea defectelor. Scopul principal al modului este realizarea unei reprezentări reduse a imaginii provenite de la senzorii electro-optici din domeniul vizibil și termic. Acest lucru conform invenției se realizează analizându-se secvențial fiecare sub-regiune și efectuându-se operații matematice complexe asupra valorilor pixelilor. La final, rezultatul obținut va reprezenta probabilitatea ca un defect să apară în fiecare din sub-regiunile analizate. Următoarea etapă de calcul conform invenției este utilizarea vectorului de probabilitate și transformarea lui în topologia exactă a defectului. Mai exact, probabilitatea ca un defect să apară în fiecare sub-regiune se transformă în reprezentarea în pixeli a aceluia defect. Această operație va fi efectuată în a doua parte a *pipeline-ului*, anume D-CNN (Detection Convolutional Network) reunită cu rețeaua neuronală convoluțională B-CNN (Backbone Convolutional Neural Network). Pentru a realiza acest lucru, calculele matematice se vor realiza conform invenției cu procesoare grafice GPU NVIDIA din compunerea calculatorului

embedded imbarcat pe dronă. Interconectarea rețelelor neuronale convoluționale conform invenției este prezentată în figura 3.

- Modulul pentru predicționarea riscurilor de apariție a defectelor și procese decizionale conform invenției se bazează pe utilizarea unui algoritm de tip Machine Learning de tip Self-Organization Map (SOM) cu eroare de cuantizare minimă MQE (Minimum Quantization Error). Rețeaua SOM este realizată pe principiul perceptronului multistrat (MLP) cu antrenare de tip backpropagation. Rețeaua SOM-MLP este în general reprezentată de o succesiune de straturi de neuroni, compusă dintr-un strat de intrare, unul sau mai multe așa numite straturi ascunse (*hidden layer*) și un strat de ieșire, conectate secvențial între ele. Ieșirile unui strat reprezintă intrări pentru stratul următor. Straturile sunt complet conectate, fiecare perceptron de pe un strat fiind conectat cu toți perceptronii de pe stratul anterior. Fiecare conexiune are o pondere individuală proprie. Astfel, conform invenției obținem modele de comportament, de tip prelucrări paralele distribuite. Acest modul conform invenției realizează calculele pe Unitatea Centrală (UC) de prelucrare aflată la sol, care primește în timp real datele de la dronă.
- Modulul software pentru analiza simultană a imaginilor din spectru vizibil și termic, bazat conform invenției de un algoritm wavelet pentru Data Fusion.
- Modulul software pentru afișarea grafică a rezultatelor în 2D și 3D, reprezentare grafice de tip clustere. Reprezentarea 3D a clusterelor este formată din:
 - Reprezentarea unui nucleu central ca o mulțime de puncte aparținând în mod cert celulelor din cadrul panoului fotovoltaic analizat. Punctele de reprezentare fiind elementele semnificative în execuția algoritmului deoarece determină colectiv unde este centrul panoului fotovoltaic analizat pentru localizarea acestuia pe harta georeferențială.
 - Reprezentarea mediului înconjurător (subgrupe) se reprezintă printr-un grup de puncte suficient de apropiate unele de altele astfel încât pot fi aproximate ca defectul identificat pe o celulă / celule din compunerea panoului fotovoltaic analizat. Dacă, aceste puncte sunt suficient de departe de orice celulă determinată, rezultă o stare de incertitudine privind apartenența mulțimii la un anumită celulă de localizare din panoul fotovoltaic.

Contribuțiile cu *caracter de noutate ale invenției* sunt:

- Realizarea unei soluții integrate de achiziție, analiză, clasificare și predicția a defectelor panourilor fotovoltaice, bazată pe achiziția fluxurilor video recepționate de la panourile fotovoltaice cu un sistem integrat de senzori electro-optici imbarcați pe dronă pentru

detectia defectelor și analiză - clasificare realizată cu algoritmi performanți de Inteligență Artificială;

- Realizarea zonării georeferențiale, prin combinarea algoritmilor Voronoi și Delaunay;
- Utilizarea unui nou algoritm de localizare bazat pe coordonate GPS și algoritmi Voronoi și Delaunay optim; acesta permițând localizări ale defectelor cu o marjă de eroare de 0,15 m;
- Utilizarea unui algoritm inovativ pentru analiza defectelor pe baza filtrului adaptiv spațial de tip Lee și descompuneri LBP, care utilizează un model matematic care lucrează în domeniul primar al semnalului, în domeniul spațial al imaginilor, prin modificarea parametrilor de bazat în funcție de statistica locală a semnalului.
- Utilizarea unui algoritm inovativ pentru detecția și clasificarea defectelor care utilizează o combinație de două rețele neuronale convoluționale de tip B-CNN și D-CNN, într-o singură structură de analiză de tip rețea neuronală convoluțională. Acest modul conform invenției introduce un algoritm cu caracter inovativ pentru detecția și clasificarea defectelor bazat pe o structură de tip G-CNN (algoritm convoluțional de tip grid)..
- Utilizarea unui model de predicție a comportamentului defectelor care utilizează un model de dinamică de consens sau de difuzie cu input extern pe baza rețelei de algoritmilor SOM-MLP de tip Machine Learning.
- Utilizarea unui algoritm pentru analiza simultană a imaginilor de la senzorii electro-optici din domeniul vizibil și termic, utilizând un algoritm wavelet de descompunere.
- Realizarea unei baze de date de antrenare pentru detecția și clasificarea defectelor și gestionarea riscurilor de apariție ale acestora.
- Reprezentarea datelor pe hărți de localizare 2D și 3D;
- Posibilitatea monitorizării defectelor și de predicționare de apariție a acestora, cu beneficii în mentenanța parcurilor de panouri fotovoltaice și luarea deciziilor;
- Soluția propusă conform invenției nu necesită suportul rețelelor de comunicații mobile celulare pentru îndeplinirea funcțiilor menționate în invenție;
- Soluția propusă conform invenției are impact minim asupra mediului.

- [1]. Raj, N.; Sethunadh, R.; Aparna, P.R. Object detection in SAR image based on bandlet transform. *J. Vis. Commun. Image Represent.* **2016**, *40*, 376–383.
- [2]. Kuttikkad, S.; Chellappa, R. Non-gaussian CFAR techniques for target detection in high resolution SAR images. In Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP-94.), Austin, TX, USA, 13–16 November 1994.
- [3]. Anastassopoulos, V.; Lampropoulos, G.A. Optimal CFAR detection in Weibull clutter. *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.* **1995**, *31*, 52–64.
- [4]. Zhu, J.; Qiu, X.; Pan, Z.; Zhang, Y.; Lei, B. Projection Shape Template-Based Ship Target Recognition in TerraSAR-X Images. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.* **2017**, *14*, 222–226.
- [5]. Wang, C.; Bi, F.; Chen, L.; Chen, J. A novel threshold template algorithm for ship detection in high-resolution SAR images. In Proceedings of the IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, Beijing, China, 10–15 July 2016.
- [6]. Lecun, Y.; Bengio, Y.; Hinton, G. Deep learning. *Nature* **2015**, *521*, 436.
- [7]. Krizhevsky, A.; Sutskever, I.; Hinton, G.E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. In Proceedings of the International Conference on Neural Information Processing Systems, Lake Tahoe, NV, USA, 3–6 December 2012.
- [8]. Girshick, R.; Donahue, J.; Darrell, T.; Malik, J. Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation. In Proceedings of the 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Columbus, OH, USA, 23–28 June 2014; pp. 580–587.
- [9]. Girshick, R. Fast R-CNN. In Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Santiago, Chile, 7–13 December 2015; pp. 1440–1448.
- [10]. Ren, S.; He, K.; Girshick, R.; Sun, J. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* **2017**, *39*, 1137–1149.
- [11]. Redmon, J.; Divvala, S.; Girshick, R.; Farhadi, A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. In Proceedings of the 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 27–30 June 2016.
- [12]. Redmon, J.; Farhadi, A. YOLO9000: Better, Faster, Stronger. In Proceedings of the 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Honolulu, HI, USA, 21–26 July 2017; pp. 6517–6525.
- [13]. Joseph, R.; Ali, F. YOLOv3: An Incremental Improvement. Available online: <https://pjreddie.com/media/files/papers/YOLOv3.pdf> (accessed on 1 April 2019).
- [14]. Li, J.; Qu, C.; Peng, S.; Jiang, Y. Ship Detection in SAR images Based on Generative Adversarial Network and Online Hard Examples Mining. *J. Electron. Inf. Technol.* **2019**, *41*, 143–149.
- [15]. Li, J.; Qu, C.; Peng, S.; Deng, B. Ship detection in SAR images based on convolutional neural network. *Syst. Eng. Electron.* **2018**, *40*, 1953–1959.
- [16]. Li, J.; Qu, C.; Shao, J. Ship detection in SAR images based on an improved faster R-CNN. In Proceedings of the SAR Big Data Era: Models, Methods, Applications (BIGSAR DATA), Beijing, China, 13–14 November 2017.
- [17]. Liu, W.; Anguelov, D.; Erhan, D.; Szegedy, C.; Reed, S.; Fu, C.Y.; Berg, A.C. SSD: Single Shot MultiBox Detector. In Proceedings of the European Conference on Computer Vision, Amsterdam, The Netherlands, 11–14 October 2016; pp. 21–37.
- [18]. Gui, Y.; Li, X.; Xue, L. A Multilayer Fusion Light-Head Detector for SAR Ship Detection. *Sensors* **2019**, *19*, 1124.

- [19]. Wang, Y.; Chao, W.; Hong, Z. Combining a single shot multibox detector with transfer learning for ship detection using sentinel-1 SAR images. *Remote Sens. Lett.* **2018**, *9*, 780–788.
- [20]. Wang, J.; Lu, C.; Jiang, W. Simultaneous Ship Detection and Orientation Estimation in SAR Images Based on Attention Module and Angle Regression. *Sensors* **2018**, *18*, 2851.
- [21]. Lin, H.; Chen, H.; Wang, H.; Yin, J.; Yang, J. Ship Detection for PolSAR Images via Task-Driven Discriminative Dictionary Learning. *Remote Sens.* **2019**, *11*, 769.
- [22]. Zhang, S.; Wu, R.; Xu, K.; Wang, J.; Sun, W. R-CNN-Based Ship Detection from High Resolution Remote Sensing Imagery. *Remote Sens.* **2019**, *11*, 631.
- [23]. Wang, Y.; Wang, C.; Zhang, H.; Dong, Y.; Wei, S. Automatic Ship Detection Based on RetinaNet Using Multi-Resolution Gaofen-3 Imagery. *Remote Sens.* **2019**, *11*, 531.

Revendicări

1. Sistem pentru detectarea, analiza, clasificarea și predicția defectelor panourilor fotovoltaice, conform invenției, este compus dintr-o rețea de senzori electro-optici în spectrul vizibil și termic pentru detecția panourilor fotovoltaice îmbarcați pe dronă, și dintr-un sistem informational pentru realizarea prelucrării informațiilor de la senzori și realizarea calculelor utilizând unități de calcul embedded cu procesoare grafice GPU NVIDIA, îmbarcat pe dronă, și un sistem central de prelucrare aflat la sol, pentru calcularea predicției de apariție a defectelor și de afișare a rezultatelor de analiză și predicție în format 3D.

2. Realizarea zonării georeferențiale, prin combinarea algoritmilor Voronoi și Delaunay optim, obținând localizări cu o eroare de 0,15 m pentru celulele defecte detectate.
3. Utilizarea unui algoritm inovativ pentru analiză a defectelor pe baza filtrului adaptiv spațial de tip Lee și descompuneri LBP (Local Binary Pattern).
4. Utilizarea unui algoritm inovativ pentru recunoașterea și clasificarea defectelor (obiectelor) din imagini pe baza unui structuri complexe de rețea neuronală convoluțională de tip grid (G-CNN).
5. Realizarea conform invenției a algoritmului de clasificare G-CNN, bazat pe două rețele neuronale convoluționale care lucrează în arhitectură paralelă.
6. Utilizarea conform invenției a unui algoritm cu caracter inovativ pentru modelarea ecuației de predicția a apariției defectelor și planificarea intervenției de mentenanță care se bazează pe implementarea unui algoritm de tip Machine Learning de tip Self-Organization Map (SOM) cu eroare de cuantizare minimă MQE (Minimum Quantization Error).
7. Utilizarea unui model de analiză simultană a imaginilor din spectru vizibil și termic bazat conform invenției pe un algoritm de descompunerea de tip wavelet.
8. Realizarea unei baze de date de antrenare pentru recunoașterea și clasificarea defectelor panourilor fotovoltaice, utilizată de către algoritmul G-CNN.
9. Posibilitatea de utilizare a arhitecturii software cu caracter inovativ conform invenției, pentru analiza datelor de imagistică achiziționate de la sateliți (SAR) și drone.

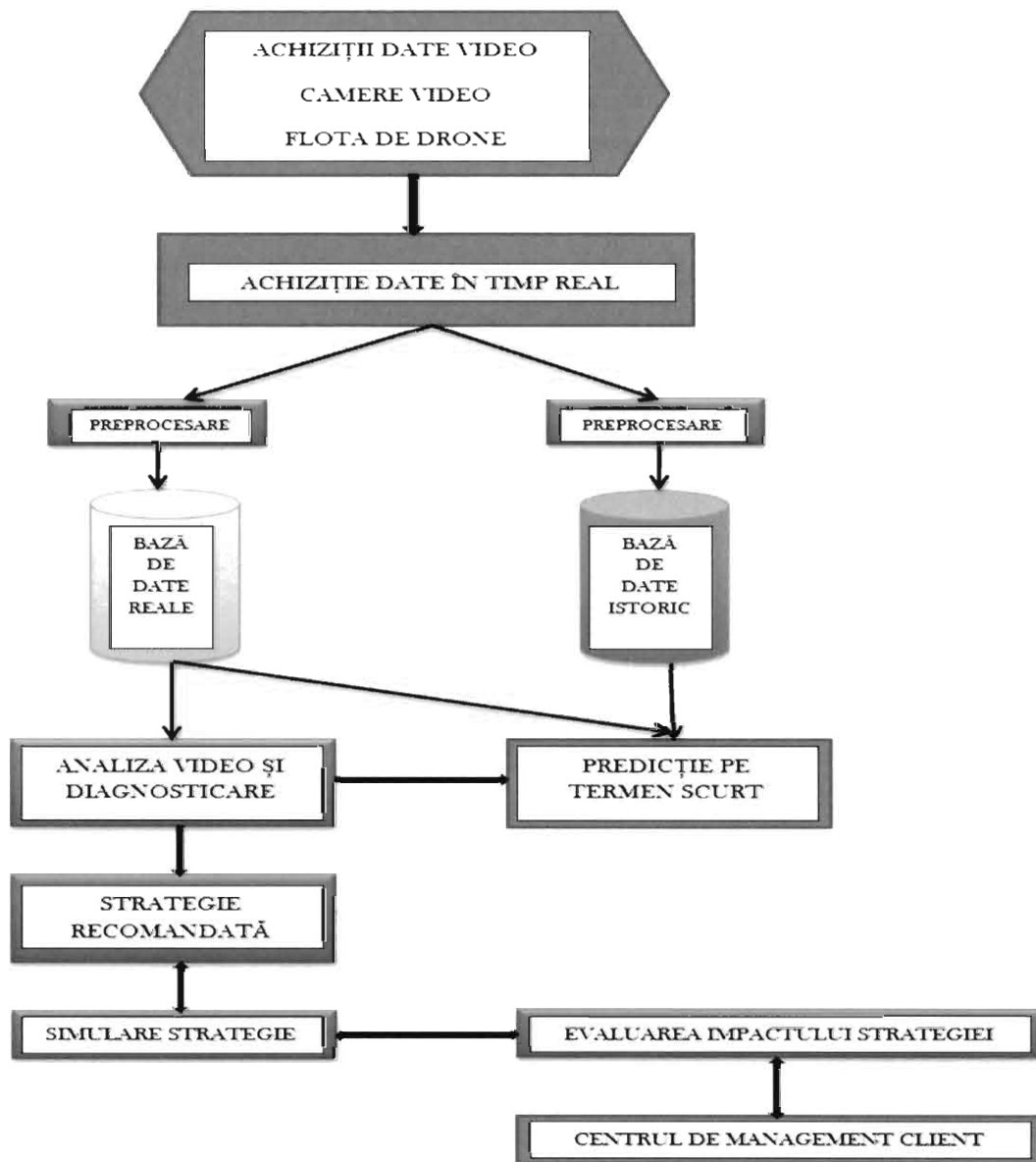


Fig. 1 Arhitectura generală a sistemului pentru detecție defectelor, imperfecțiunilor și evaluare integrității panourilor fotovoltaice conform invenției.

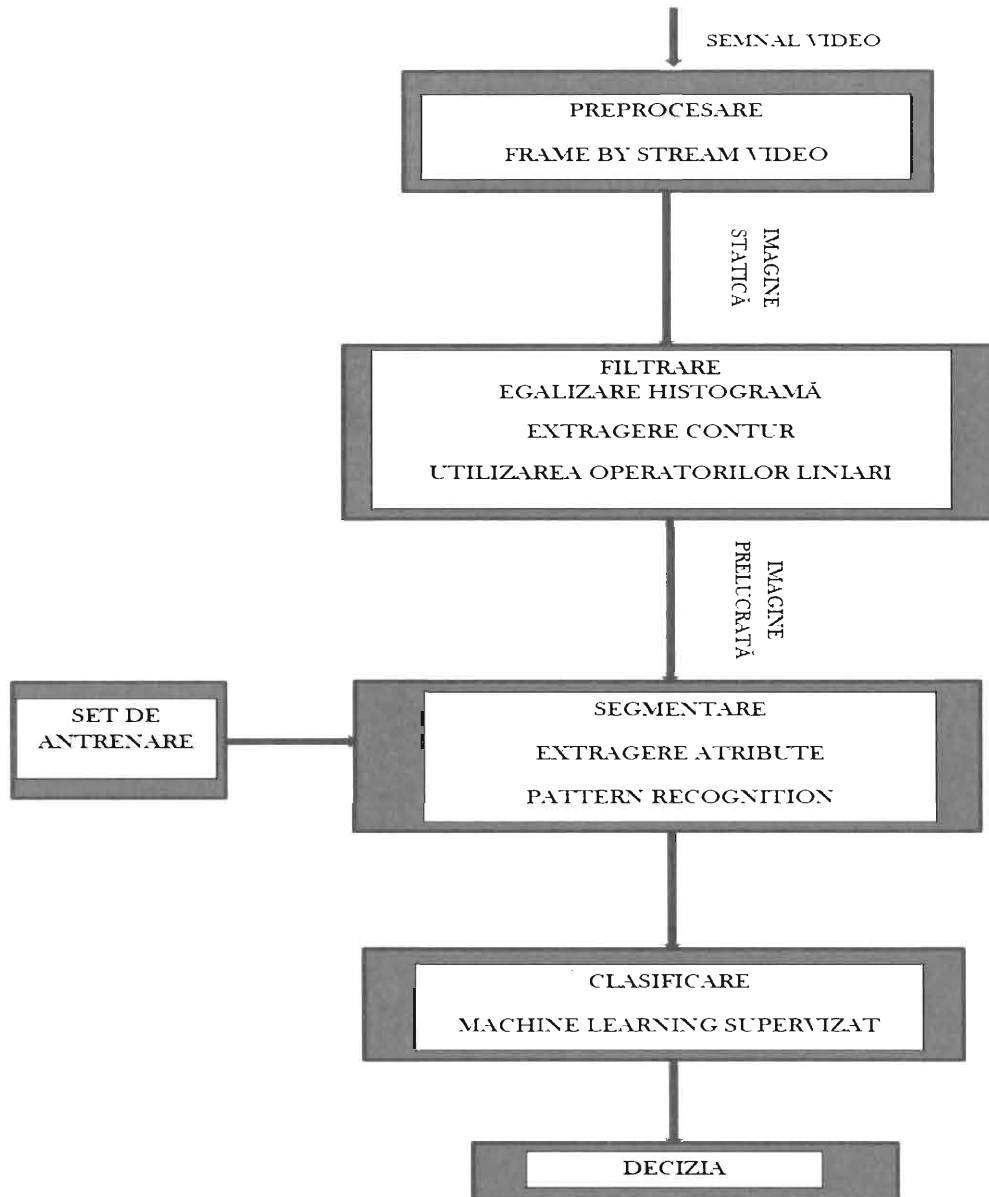


Fig. 2 Arhitectura software pentru detectarea, analiza și clasificarea defectelor panourilor fotovoltaice conform invenției

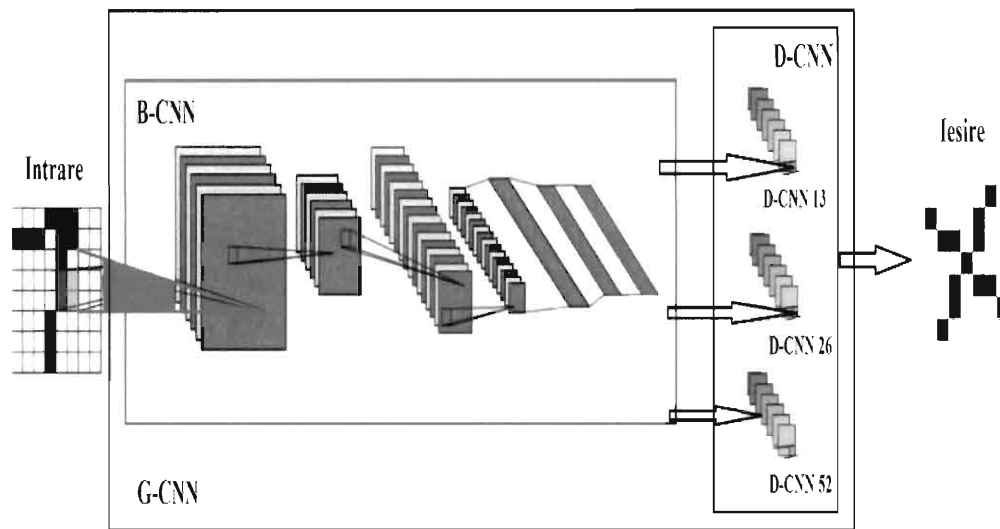


Fig. 3 Arhitectura rețelei neuronale convoluționale de tip G-CNN conform invenției.