



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00552

(22) Data de depozit: 15/09/2021

(41) Data publicării cererii:
30/05/2022 BOPI nr. 5/2022

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL DE MECANICA SOLIDELOR
AL ACADEMIEI ROMÂNE, STR.
CONSTANTIN MILLE NR.15, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• VLĂDĂREANU LUIGE, STR. GOLOVITA,
NR.36, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• VLĂDĂREANU VICTOR,
CALEA CRÂNGAȘI NR.48, BL.7, AP.45,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• GAL IONEL - ALEXANDRU,
STR.VULTURILOR, NR.51, SC.A, ET.3,

AP.13, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• MELINTE DANIEL-OCTAVIAN, STR.PIAȚA
ALEXANDRU LAHOVARI, NR.1A, SC.G,
AP.23, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• CIOCÎRLAN ALEXANDRA- NCĂTĂLINA,
ȘOS.SĂLAJ, NR.355, BL.9, ET.3, AP.27,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;
• TRAVEDIU ANA-MARIA,
STR.PODGORIILOR, NR.18A, BL.12P, ET.1,
AP.5, TULCEA, TL, RO;
• RĂDULESCU MIHAI,
STR.POMPILIU MONOLIU, NR.13, BL.G2,
AP.195, BUCUREȘTI, B, RO

(54) SISTEM DE CONTROL DE LA SOL CU INTERFEȚE
INTELIGENTE ȘI COMUNICAȚIE ADAPTIVĂ
PENTRU VECTORI DE ROBOȚI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de control al vectorilor de roboți în spațiu 3D pentru un sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol (GCS) cu interfețe inteligente de optimizare, decizie și comunicație adaptivă, integrate în sistemul de control al fiecărui agent, cuprinzând realizarea unui sistem de vectori de roboți 3D cu rolul de agenți inteligenți, alocarea de interfețe de optimizare la fiecare agent, alocarea de interfețe de decizie la fiecare agent, alocarea de interfețe de comunicație la fiecare agent, integrarea și testarea interfețelor de optimizare, decizie și comunicație adaptivă, testarea funcțională a sistemului de control prevăzut cu interfețele menționate cu vectori de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic.

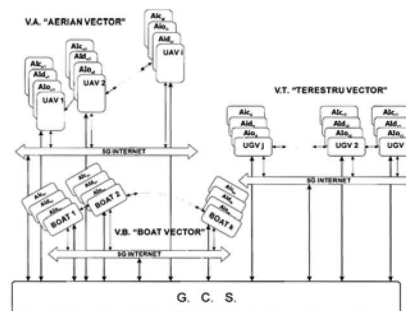


Fig. 1

Revendicări: 1
Figuri: 5

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 DE CONTROL DE LA SOL CU INTERFEȚE INTELIGENTE ȘI COMUNICAȚIE ADAPTIVĂ PENTRU VECTORI DE ROBOȚI

Invenția se referă la un sistem de control, în timp real, multi-agent, de la sol (GCS) cu interfețe inteligente de optimizare, decizie și comunicație adaptivă pentru vectori de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic cu aplicații în monitorizare ecologică a cursurilor fluviilor, agricultură, militare, situații de criză – cataclisme, dezastre naturale, acțiuni teroriste, salvarea de vieți omenești.

Sunt cunoscute mai multe soluții pentru sisteme de control în timp real de la sol GCS. În lucrarea [1] este introdus un standard de testare cu mai multe rotorcraft-flying-robot (MRFR). Pentru a realiza zborul autonom al fiecărui robot rotorcraft-flying (RFR), se efectuează experimente de modelare, identificare și control al zborului. Apoi, este prezentată demonstrația zborului de formare pentru a verifica funcțiile de bază ale noului banc de test MRFR. Una dintre provocările roboticii este dezvoltarea unui sistem de control al robotului capabil să obțină răspunsuri inteligente și adecvate la medii în schimbare. Cerința de bază pentru atingerea acestui scop este o arhitectură de control a robotului și o platformă hardware care poate adapta software-ul și hardware-ul la mediul și situația actuală. Acest lucru i-a determinat pe cercetători să proiecteze arhitectura de control compusă din comportamente distribuite, independente și asincrone [2]. Utilizarea canalelor GSM deschide o nouă perspectivă spre misiuni UAV pe distanțe lungi și centre mobile de comandă și control. Lucrarea [3] demonstrează o nouă concepție și dezvoltare a unui UAV la scară mică și a unei stații de control la sol (GCS) care utilizează comunicație bidirecțională GSM pentru control pe distanță lungă fără a fi în câmpul vizual (NLoS). Lucrare [4] descrie experiența în proiectarea, dezvoltarea și implementarea sistemelor de sprijinire a echipelor om-robot în timpul reacției la dezastre. Se bazează pe cercetare și dezvoltare realizate în cadrul proiectului NIFTi finanțat de UE. În articolul [5] autorii iau în considerare problema satisfacerii cerințelor de comunicare într-un sistem multi-agent în care mai mulți roboți cooperează la o sarcină și un subset fix al agenților care acționează ca routere mobile.

[1] Zheng Wang, Feng Gu, Yu Qing He, Jianda Han, Yuechao Wang. Design and implementation of multiple-rotorcraft-flying-robot testbed. December 2011. DOI:10.1109/ROBIO.2011.6181466

[2] Bianca Mariela INNOCENTI BADANO. A multi-agent architecture with distributed COORDINATION FOR AN AUTONOMOUS ROBOT. Girona University. October 2008. ISBN: 978-84-692-1444-2

[3] Amr AbdelHamid, Peng Zong, Bassant Abdelhamid. Advanced Software Ground Station and UAV Development for NLoS Control Using Mobile Communications. Discrete Dynamics in Nature and Society. Volume 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/285746>

[4] Geert Kruijff, Ivana Kruijff-Korbayová, Shanker Keshavdas, Benoit Larochelle, Miroslav Janíček, et al.. Designing, developing, and deploying systems to support human-robot teams in disaster response. Advanced Robotics, Taylor & Francis, 2014, 28 (23), pp.1547–1570. [ff10.1080/01691864.2014.985335](https://doi.org/10.1080/01691864.2014.985335)ff.ffhal-01143476

[5] Gil, Stephanie & Kumar, Swarun & Katabi, Dina & Rus, Daniela. (2015). Adaptive Communication in Multi-robot Systems Using Directionality of Signal Strength. The International Journal of Robotics Research. 34. 946-968. [10.1177/0278364914567793](https://doi.org/10.1177/0278364914567793).

Dezavantajele acestor soluții constau în principal în aceea că sistemele de control în timp real de la sol GCS sunt analizate numai pentru roboți aerieni, fără a se referi la sisteme complexe cu vectori de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic. De asemenea, sistemele multi-agent sunt concepute ca soluții dedicate unei anumite metode și nu unei soluții complexe cu vectori de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic în care să fie inclus GCS și interfețele inteligente integrate pe fiecare agent.

Problema pe care o rezolvă invenția este că dezvoltă o soluție complexă de sistem de control în timp real de la sol GCS de control în timp real, multi-agent, cu interfețe inteligente de optimizare, decizie și comunicație adaptivă, integrate sistemului de comandă și control, în timp real, fiecărui agent.

Metoda conform invenției înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că pentru controlul vectorilor de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic se aplică un sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol GCS cu interfețe inteligente de optimizare, decizie și comunicație adaptivă, integrate sistemului de comandă și control în timp real fiecărui agent, într-o succesiune de secvențe prezentată mai jos, respectiv:

(i) se realizează sistemul vectori de roboți 3D (tri-dimensional) – aerian, UAV1 UAVi, terestru, UGV1 UGVj, acvatic, BOT1 BOTk, cu rolul de agenți inteligenți, în care fiecare agent funcționează autonom în lipsa comunicațiilor adaptive cu GCS respectiv lipsa comunicațiilor adaptive cu ceilalți vectorii de roboți 3D menționați mai sus; GCS are de asemenea rolul de agent inteligent; i, j, k reprezintă numărul agenților corespunzători vectorilor de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic, cu valori 1-3 pentru misiuni simple sau special, 3-10 pentru misiuni de nivel mediu și 10-100 pentru misiuni complexe;

(ii) Se alocă fiecărui agent inteligent interfețele inteligente de optimizare, cu caracteristici specificate în (v), AIo_{u1}, AIo_{u2},, AIo_{ui}, pentru vectorii UAV, AIo_{r1}, AIo_{r2},, AIo_{rj} pentru

vectorii **UGV** respectiv $\mathbf{A}I_{ob1}, \mathbf{A}I_{ob2}, \dots, \mathbf{A}I_{obk}$, pentru vectorii **BOT** și $\mathbf{A}I_{ogcs}$, pentru sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol **GCS**;

(iii) Se alocă fiecărui agent inteligent interfețele inteligente de decizie, cu caracteristici specificate în (vi), $\mathbf{A}I_{d_{u1}}, \mathbf{A}I_{d_{u2}}, \dots, \mathbf{A}I_{d_{ui}}$, pentru vectorii **UAV**, $\mathbf{A}I_{d_{r1}}, \mathbf{A}I_{d_{r2}}, \dots, \mathbf{A}I_{d_{rj}}$, pentru vectorii **UGV** respectiv $\mathbf{A}I_{d_{b1}}, \mathbf{A}I_{d_{b2}}, \dots, \mathbf{A}I_{d_{bk}}$, pentru vectorii **BOT** și $\mathbf{A}I_{d_{gcs}}$ pentru sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol **GCS**;

(iv) Se alocă fiecărui agent inteligent interfețele inteligente de comunicație adaptivă, cu caracteristici specificate în (vii), $\mathbf{A}I_{c_{u1}}, \mathbf{A}I_{c_{u2}}, \dots, \mathbf{A}I_{c_{ui}}$, pentru vectorii **UAV**, $\mathbf{A}I_{c_{r1}}, \mathbf{A}I_{c_{r2}}, \dots, \mathbf{A}I_{c_{rj}}$, pentru vectorii **UGV** respectiv $\mathbf{A}I_{c_{b1}}, \mathbf{A}I_{c_{b2}}, \dots, \mathbf{A}I_{c_{bk}}$, pentru vectorii **BOT** și $\mathbf{A}I_{c_{gcs}}$ pentru sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol **GCS**;

(v) se integrează și se testează interfețele inteligente de optimizare $\mathbf{A}I_{o_{un}}, \mathbf{A}I_{o_{rn}}, \mathbf{A}I_{o_{bn}}$, și $\mathbf{A}I_{o_{gcs}}$, pentru sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol **GCS**, pe fiecare agent al sistemului de comandă și control, robot aerian, terestru, acvatic, pentru optimizarea performanțelor, controlul traiectoriei dronelor, evitarea obstacolelor prin algoritmi genetici, optimizare cu roi de particule (PSO) și regresii multivariate, cu date de intrare care constau în constrângerile existente asupra mobilității, deplasările vectorilor de roboți menționați, precum și existența și poziționare obstacolelor în mediul misiunii; unde n de la 1 la i pentru **UAV**, de al 1 la j pentru **UGV** și de al 1 la k pentru **BOT**;

(vi) se integrează și se testează interfețele inteligente de decizie $\mathbf{A}I_{d_{un}}, \mathbf{A}I_{d_{rn}}, \mathbf{A}I_{d_{bn}}$, și $\mathbf{A}I_{d_{gcs}}$, pentru sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol **GCS**, pe fiecare agent al sistemului de comanda și control, robot aerian, terestru, acvatic, pe două componente:

a) modul interfață inteligentă pentru luarea deciziilor prin Neuro fuzzy (ANFIS), are ca rol identificarea unor referințe pentru variabilele de control ale procesului, în vederea obținerii comportamentului dorit, în funcție de datele primite de la senzori; spațiul de inferență și limitele variabilelor lingvistice fuzzyficate, precum și ponderile regulilor decizionale, se modelează conform experienței specialiștilor și prin observarea tendințelor relevate în procesele decizionale;

b) modul interfață inteligentă pentru luarea deciziilor prin rețele neuronale (NN) utilizând algoritmi de tip deep learning cu rețele neuronale convoluționale care conduc la detectarea și localizarea obiectelor din imagine prin intermediul unei rețele de bază de extragere trăsături comune de pe straturile convoluționale intermediare sau finale, în scopul de a determina dimensiunea obiectelor, clasa din care acestea fac parte, scorul de confidență, distanța până la obiect; informațiile sunt filtrate de către GCS și sunt transmise mai departe către vectorii de

roboți UAV, UGV și BOT; se alocă n de la 1 la i pentru UAV, de al 1 la j pentru UGV și de al 1 la k pentru BOT;

(vii) se integrează și se testează interfețele inteligente de comunicație adaptivă AIc_{un} , AIc_{rn} , AIc_{bn} , și AIc_{gcs} , pentru un sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol GCS, pe fiecare agent al sistemului de comanda și control, robot aerian, terestru, acvatic, prin care agenții aflați în misiune își pot comunica starea misiunii și anumite informații senzoriale, inclusiv semnale video, la distanțe ce depășesc raza maximă de comunicare a echipamentelor, utilizând alți agenți din rețea ca intermediari; protocolul de rutare permite roboților să gestioneze singuri rețeaua de comunicare, fără a fi necesară prezența unui supervisor; fiecare agent din rețeaua de comunicare are rolul de a stabili comunicarea cu sistemul GCS, de a coordona comunicarea în raza sa de acțiune, de a percepe agenții și vectorii de roboți din vecinătatea sa precum și de execuție în stabilirea și formarea rețelei de comunicare; în sistemul multi-agent, fiecare agent are rolul de a îndeplini misiunea stabilită pentru monitorizarea dar și de a facilita comunicația pentru agenții mai îndepărtați, rezultând un protocol de comunicare cu sistemul de comandă ce poate transporta comenzi de misiuni și informații senzoriale; se alocă n de la 1 la i pentru UAV, de al 1 la j pentru UGV și de al 1 la k pentru BOT;

(viii) sistemul de control, în timp real, multi-agent, de la sol GCS cu interfețe inteligente de optimizare, decizie și comunicație adaptivă pentru vectori de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic este testat funcțional cu vectori de roboți UAV, UGV, BOT;

(ix) în cazul în care funcționalitatea GCS în îndeplinirea misiunilor de control în timp real al vectorilor de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic corespunde performanțelor se încheie etapa de realizare GCS în această structură;

(x) în cazul în care funcționalitatea GCS în îndeplinirea misiunilor de control în timp real al vectorilor de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic nu corespunde performanțelor se repetă secvențelor (v)-(vii) până se îndeplinește condiția din secvența (ix).

Invenția prezintă avantajele unui soluții complexe de sistem de control în timp real de la sol GCS, multi-agent, cu interfețe inteligente de optimizare, decizie și comunicație adaptivă, cu performanțe deosebite, fiabil, cu utilizare intuitivă.

Se prezintă în continuare exemple de realizare a invenției în legătura cu figura 1- Control de la sol cu interfețe inteligente și comunicație adaptivă pentru vectori de roboți, care prezintă o schemă de principiu al sistemului de control de la sol cu interfețe inteligente și comunicație adaptivă pentru vectori de roboți.

Metoda și dispozitivul conform invenției sunt alcătuite dintr-un sistem vectori de roboți 3D (tri-dimensional), respectiv **VA** vectori aerian, **UAV1 UAVi**, **VT** vector terestru, **UGV1 UGVj**, **VB** vector acvatic, **BOT1 BOTk**, cu rolul de agenți inteligenți, în care fiecare agent funcționează autonom în lipsa comunicațiilor adaptive cu **GCS**, respectiv lipsa comunicațiilor adaptive cu ceilalți vectori de roboți 3D. Notam fiecare robot cu **VRx**, unde **VR** reprezintă totalitatea vectorilor de roboți **VA**, **VT**, **VB**, **x** reprezintă totalitatea indicilor **i**, **j**, **k**. Fiecare robot din sistemul de vectori de roboți este alcatuit din sistemul de comandă și control **VRx**, respectiv **UAVi**, **UGVj**, **BOTk**, care realizează controlul propriu în timp real al robotului, așa cum sunt dotați din fabricație acești roboți; *care trimite semnalele* de la senzorii, stările de funcționare sau proces, care aparțin sistemului de comandă și control propriu robotului, *la interfețele inteligente* **IAx**, unde **IA** reprezintă totalitatea interfețelor inteligente de optimizare, interfețelor inteligente de decizie, interfețelor inteligente de comunicație adaptivă, *prin magistrala proprie* **MPx**, unde **MP** reprezintă magistrala proprie pentru fiecare robot din totalitatea vectorilor de roboți **VRx**, *și prin magistrala* **MVx** la roboții aceluiși vector, unde **MV** reprezintă magistrala directă între roboții aceluiși vector, *și prin magistrala* **MGx**, unde **MG** reprezintă magistrala directă între roboți și **GCS**, **x** reprezintă totalitatea indicilor **i**, **j**, **k**, *la sistem de control în timp real, multi-agent de la sol* **GCS**, pentru a realiza funcționarea autonomă a fiecărui robot din sistemul de vectori de roboți beneficiind de performanțele interfețelor inteligente **IAx**.

O interfață inteligentă IAox, unde **IAox** se referă la totalitatea interfețelor inteligente de optimizare, care are rolul de optimizarea performanțelor, controlul traiectoriei dronelor, evitarea obstacolelor unei formații de zbor angajată în desfășurarea unei misiuni prin aplicarea tehnicilor de inteligență artificială tip algoritmi genetici, optimizare cu roi de particule (PSO) și regresii multivariate prin interfața de optimizare zbor (IOZ). Exemplul conține controlul poziției unei formații de zbor: două quadroptere (drone) și o aripă zburătoare, angajată în desfășurarea unei misiuni, încărcate automat în planul de zbor al vectorilor aerieni în modulul **GCS** cu soft specific ca exemplu Dronrkit, Python API, cu interfață inteligentă pentru optimizarea performanțelor controlul traiectoriei dronelor și evitarea obstacolelor. Problema de optimizare consideră existența unor obstacole în spațiul de căutare. Numărul de puncte modelat între două poziții consecutive ale **VR** depinde de viteza cerută de operator sau de algoritmul generator al traiectoriei de mișcare.

Problema de optimizare arată după cum urmează:

$$[\max] F(\text{tr}(A), \text{tr}(B), \text{tr}(C))$$

$$\begin{cases} v_B \leq v_{max}^{quad} \\ v_C \leq v_{max}^{quad} \\ Im(tr(B)) \cap Obst = \emptyset \\ Im(tr(C)) \cap Obst = \emptyset \end{cases}$$

unde:

- F este măsura conectivității aripă – bază, depinzând de traseul aripii și al celor două quadroptere.
- $tr(A)$, $tr(B)$ și $tr(C)$ sunt notații pentru traseul vectorilor aerieni: A este baza, iar B și C sunt quadropterele, C fiind cel mai apropiat de bază (O)
- Vitezele celor două quadroptere v_b , v_c trebuie să fie sub limita maximă pe care o poate atinge echipamentul.
- Nici o valoare a imaginii traseului (funcției) vreunui dintre cele două quadroptere nu poate avea puncte în comun cu mulțimea punctelor modelate ca obstacol.

Algoritmul de rezolvare a problemei este scris în cod Matlab / Octave, realizarea interfeței grafice folosește interfața GUIDE, proprietară Matlab, pentru constituirea funcțiilor necesare elementelor grafice. Cei patru algoritmi de optimizare folosiți sunt

fmincon – algoritm proprietar al Matlab, care încearcă să găsească minimumul unei funcții cu constrângeri (de unde și numele funcției). Funcția alege automat între patru posibilități de rezolvare: optimizare de punct interior, algoritm SQP, optimizare de mulțime activă și optimizare de regiune de încredere.

AG – algoritmi genetici se bazează pe îmbunătățirea iterativă a unei populații de soluții posibile folosind operatorii găsiți în natură, în procesul de selecție naturală al evoluției.

PSO – algoritm de optimizare folosind roi de particule. Ca și AG, este un algoritm evolutiv, îmbunătățind o populație de posibile soluții imitând mișcarea grupurilor de insecte în căutarea unui ecosistem propice.

Funcționalitatea aplicației este testată prin generarea aleatoare a traseului și vitezelor aripii, precum și a unui obstacol sferic, în câmpul de acțiune al misiunii.

O interfață inteligentă IAdx, unde **IAd** se referă la totalitatea interfețelor inteligente de decizie, este alcătuită din două componente.

a) **modul interfață inteligentă** decizională fuzzy prin Neuro fuzzy ANFIS, cu inferență fuzzy optimizat cu rețele neuronale adaptive, care are ca rol identificarea referințe de poziție din spațiu 3D pentru variabilele de control ale traiectoriei de mișcare al robotilor VRx, în vederea obținerii comportamentului dorit, în funcție de datele primite de la senzori prin învățarea inteligentă ANFIS.

Semnalele de intrare sunt de la senzorii robotului VRx, semnalele de ieșire sunt pentru controlul actuatorilor robotului VRx obținute prin învățarea inteligentă, condiționate de semnalele primite prin comunicația adaptivă între vectorii de roboți.

Figura 2 - Spațiu de învățare ANFIS, oferă un exemplu de spațiul de învățare pentru o variabilă, constă în toate exemple folosite pentru antrenarea acestui algoritm specific. Unul dintre avantajele ANIFS este că, pentru punctele situate între referințele existente, va aproxima rezultatul folosind o combinație de reguli declanșate de cele mai apropiate intrări. Odată ce a fost antrenat, sistemul de inferență fuzzy rezultat poate fi folosit în orice simulare ca un tabel de referință pentru a specifica valorile de referință ale mărimilor controlate. Optimizarea constă în îmbunătățirea succesivă a sistemului de inferență care modelează interacțiunea între variabilele independente (de intrare) și cele dependente (de ieșire), în contextul setului de date disponibil.

În urma rulării algoritmului de optimizare, sunt obținute automat și testate sistemele de inferență, una pentru fiecare variabilă de ieșire, cu exemplificare în figura 3 - Spațiul de inferență pentru variabila de optimizare traiectorie robot VRx, care prezintă spațiul de inferență pentru câte o variabilă de ieșire raportată la variabilele de intrare. Spațiul de inferență și limitele variabilelor lingvistice fuzzyficate, precum și ponderile regulilor decizionale, se modelează conform experienței specialiștilor și prin observarea tendințelor relevate în procesele decizionale;

b) un **modul interfață inteligentă pentru luarea deciziilor prin rețele neuronale (NN)**, care utilizează algoritmi de tip deep learning cu rețele neuronale convoluționale, conduce la detectarea și localizarea obiectelor. Este exemplificată aplicația de detectare a obiectelor dintr-o imagine provenită de la camera aflată pe un vehicul aerian, terestru sau acvatic, cu rețeaua neuronală convoluțională de tip MobileNets, care conține 28 de straturi convoluționale, un strat de agregare și unul complet conectat. Toate cele 28 de straturi convoluționale sunt urmate de o funcție nelinară (RELU). Tranziția de la straturile convoluționale liniare la cele neliniare se face utilizându-se o funcție de normalizare. După realizarea convoluțiilor are loc etapa de agregare, urmată de etapa de clasificare prin intermediul unui strat complet conectat.

Arhitectura sistemului de control **GCS** cu interfață inteligentă **IAd** pentru luarea deciziilor prin rețele neuronale (NN) utilizând algoritmi de tip deep learning cu rețele neuronale convoluționale conține modulul de inferență inteligentă **IAd care** trimite către GCS imaginile video sau capturi foto la anumite intervale de timp, dar și informații legate de dimensiunea obiectelor, clasa din care acestea fac parte, scorul de confidență, distanța până la obiect, etc.

Informațiile sunt filtrate de către **IAd** atasat **GCS** dar și de **IAd** atașate vectorilor de roboți **VRx** și sunt transmise mai departe către alți roboți **VRx** ai sistemului de vectori de roboți **VR**.

O interfață inteligentă IAcx, unde **IAc** se referă la totalitatea interfețelor inteligente de comunicație adaptivă, are o arhitectură descentralizată și distribuită care permite ca fiecare agent din rețeaua de comunicare să poată stabili comunicarea cu sistemul **GCS**, de a coordona comunicarea în raza sa de acțiune, de a percepe agenții și vectorii de roboți din vecinătatea sa precum și de execuție în stabilirea și formarea rețelei de comunicare.

Sistemul multi-agent format prin utilizarea protocolul de comunicare propus va putea îndeplini o varietate mare de misiuni, fiind ideală pentru misiuni care se desfășoară pe suprafețe mari, alocă fiecare agent și vector robot următoarele atribuții de Coordonare: fiecare agent poate să coordoneze rețeaua din imediata vecinătate, anunțând vecinii dacă a găsit o calea mai scurtă, rapidă sau mai puțin utilizată pentru comunicarea informațiilor către **GCS** sau către sistemul de achiziție de date, de **percepție**: fiecare agent are posibilitatea de a percepe agenții din vecinătate pentru a putea stabili o legătură de comunicare cu sistemul central de achiziție de date sau cu sistemul de comandă și control a misiunilor și de **execuție**: fiecare agent poate să ia singur decizia de a schimba calea de comunicare, transmițând direct către **GCS** dacă are linie directă de comunicare, sau să decidă prin intermediul cărui agent urmează să transmită informațiile sale.

Un exemplu de comunicare între agenții rețelei distribuite propuse în care arhitectura sistemului de simularea și testarea virtuală a protocolului de rutare cu comunicație adaptivă prezentată în figura 4 - Simularea virtuală a rețelei de comunicație adaptivă utilizând interfață inteligentă, care reprezintă un sistem multi-agent pentru coordonarea vectorilor roboți într-un mediu necunoscut și pe suprafețe medii și mari.

Sistemul multi-agent este conceput și dezvoltat ca o soluție pentru a transforma roboții mobili în noduri de transfer a informațiilor senzoriale și de misiune între roboți și sistemul de monitorizare, comandă și control, dar și invers, prin interfața de comunicație adaptivă **IAcx**. Această soluție reprezintă un protocol de rutare a datelor comunicate, astfel încât orice robot care este în legătură cu sistemul **GCS**, să poată să fie utilizat ca nod de comunicare. Nodurile de comunicare vor prelua datele de la roboții mai îndepărtați și le vor transmite către sistem-ul **GCS**.

Un sistem de control în timp real, multi-agent de la sol **GCS**, este sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol **GCS** alcătuit din sistemul clasic de comandă în timp real dacă se adaugă interfețe inteligente de optimizare, decizie și comunicație adaptivă, care comunica cu

vectors roboți VR aerian, terestru, acvatic prin magistrale de comunicație directe cum ar fi system de comunicatii radio, WiFi, dar și prin magistrala 5G INTERNET.

Se prezintă un exemplu în figura 5- GCS colaborativ multi-agent, în care sistemul este alcătuit din trei roboți aeriени 3DR - UAV1, UAV2, UAV3, doi roboți terestri RMT1, RMT2, și doi roboți acvatici SSA1, SSA2, autonomi, care îndeplinesc rolul de agenți inteligenți, Colaborarea multi-agent consta in partajarea mesajelor transmise în timp real, extragerea din obiectivele grupului în obiective individuale, stabilirea zonelor de influenta și al tipurilor de interacțiuni, adaptarea strategiei la dinamica evenimentelor, regim de zbor, etc. Interfetele de optimizare, decizie și SLAM pentru procesare comunicație vectors roboți 3D-aerieni, terestri, acvatici realizeaza optimizarea semnalelor senzorilor pentru îmbunătățirea performanțelor de sensibilitate, acuratețe prin algoritmi genetici-AG, PSO, cUc, optimizarea traiectoriei dronelor, evitarea obstacolelor prin algoritmi genetici-AG, PSO, cUc, SLAM respectiv luarea deciziei prin Logica Fuzzy-LFz, Neuro fuzzy, SLAM, Neutrosofie-LNS, Extenica-Ex.

O magistrala 5 G INTERNET este magistrală de comunicație Internet care asigură comunicație rapidă, cu volum mare de date tip 5G, necesară pentru control în timp real între GCS și vectorii roboți VR, inclusiv control agent în buclă de reacție de 1-5 ms.

REVENDICĂRI

1. Metodă de control a vectorilor de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic pentru sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol (**GCS**) cu interfețe inteligente de optimizare, decizie și comunicație adaptivă, integrate sistemului de comandă și control în timp real fiecărui agent, **caracterizează prin aceea că** are în alcătuire o succesiune de secvențe prezentată mai jos, respectiv: (i) Se realizează sistemul vectori de roboți 3D (tri-dimensional) – aerian, (**UAV1**) (**UAVi**), terestru, (**UGV1**) (**UGVj**), acvatic, (**BOT1**) (**BOTk**), cu rolul de agenți inteligenți, în care fiecare agent funcționează autonom în lipsa comunicațiilor adaptive cu (**GCS**) respectiv lipsa comunicațiilor adaptive cu ceilalți vectori de roboți 3D menționați mai sus; (**GCS**) are de asemenea rolul de agent inteligent; (ii) Se alocă fiecărui agent inteligent interfețele inteligente de optimizare, cu caracteristicii specificate în (v), (**AIo_{u1}**), (**AIo_{u2}**), ..., (**AIo_{ui}**), pentru vectorii (**UAV**), (**AIo_{r1}**), (**AIo_{r2}**), ..., (**AIo_{ri}**) pentru vectorii (**UGV**) respectiv (**AIo_{b1}**), (**AIo_{b2}**), ..., (**AIo_{bk}**), pentru vectorii (**BOT**) și (**AIo_{GCS}**), pentru un sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol (**GCS**); (iii) Se alocă fiecărui agent inteligent interfețele inteligente de decizie, cu caracteristici specificate în (vi), (**AId_{u1}**), (**AId_{u2}**), ..., (**AId_{ui}**), pentru vectorii (**UAV**), (**AId_{r1}**), (**AId_{r2}**), ..., (**AId_{ri}**), pentru vectorii (**UGV**) respectiv (**AId_{b1}**), (**AId_{b2}**), ..., (**AId_{bk}**), pentru vectorii (**BOT**) și (**AId_{GCS}**) pentru sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol (**GCS**); (iv) Se alocă fiecărui agent inteligent interfețele inteligente de comunicație adaptivă, cu caracteristici specificate în (vii), (**AIc_{u1}**), (**AIc_{u2}**), ..., (**AIc_{ui}**), pentru vectorii (**UAV**), (**AIc_{r1}**), (**AIc_{r2}**), ..., (**AIc_{ri}**), pentru vectorii (**UGV**) respectiv (**AIc_{b1}**), (**AIc_{b2}**), ..., (**AIc_{bk}**), pentru vectorii (**BOT**) și (**AIc_{GCS}**) pentru sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol (**GCS**); (v) se integrează și se testează interfețele inteligente de optimizare (**AIo_{un}**), (**AIo_{rn}**), (**AIo_{bn}**), și (**AIo_{GCS}**), pentru sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol (**GCS**), pe fiecare agent al sistemului de comanda și control, robot aerian, terestru, acvatic, pentru optimizarea performanțelor, controlul traiectoriei dronelor, evitarea obstacolelor prin algoritmi genetici, optimizare cu roi de particule (PSO) și regresii multivariate, cu date de intrare care constau în constrângerile existente asupra mobilității, deplasările vectorilor de roboți menționați, precum și existența și poziționare obstacolelor în mediul misiunii; unde **n** de la 1 la **i** pentru **UAV**, de al 1 la **j** pentru **UGV** și de al 1 la **k** pentru **BOT**; (vi) se integrează și se testează interfețele inteligente de decizie (**AId_{un}**), (**AId_{rn}**), (**AId_{bn}**), și (**AId_{GCS}**), pentru sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol (**GCS**), pe fiecare agent al sistemului de comandă și control, robot aerian, terestru, acvatic, pe două componente: a) modul interfață inteligentă pentru luarea deciziilor prin Neuro fuzzy (ANFIS), are ca rol identificarea unor referințe pentru variabilele de control

ale procesului, în vederea obținerii comportamentului dorit, în funcție de datele primite de la senzori; b) modul interfață inteligentă pentru luarea deciziilor prin rețele neuronale (NN) utilizând algoritmilor de tip deep learning cu rețele neuronale convoluționale care conduc la detectarea și localizarea obiectele din imagine prin intermediul unei rețele de bază de extrage trăsături comune de pe straturile convoluționale intermediare sau finale în scopul de a determina dimensiunea obiectelor, clasa din care acestea fac parte, scorul de confidență, distanța până la obiect; informațiile sunt filtrate de către (GCS) și sunt transmise mai departe către vectorii de roboți (UAV), (UGV) și (BOT); (vii) se integrează și se testează interfețele inteligente de comunicație adaptive (AIC_{un}), (AIC_{rn}), (AIC_{bn}), și (AIC_{GCS}), pentru sistem de control în timp real, multi-agent, de la sol (GCS), pe fiecare agent al sistemului de comandă și control, robot aerian, terestru, acvatic, prin care agenții aflați în misiune își pot comunica starea misiunii și anumite informații senzoriale, inclusiv semnale video, la distanțe ce depășesc raza maximă de comunicare a echipamentelor, utilizând alți agenți din rețea ca intermediari; protocolul de rutare permite roboților să gestioneze singuri rețeaua de comunicare, fără a fi necesară prezenta unui supervisor; fiecare agent din rețeaua de comunicare are rolul de a stabili comunicarea cu sistemul (GCS), de a coordona comunicarea în raza sa de acțiune, de a percepe agenții și vectorii de roboți din vecinătatea sa precum și de execuție în stabilirea și formarea rețelei de comunicare; în sistemul multi-agent, fiecare agent are rolul de a îndeplini misiunea stabilită pentru monitorizarea dar și de a facilita comunicația pentru agenții mai îndepărtați, rezultând un protocol de comunicare cu sistemul de comandă ce poate transporta comenzi de misiuni și informații senzoriale; (viii) sistemul de control, în timp real, multi-agent, de la sol (GCS) cu interfețe inteligente de optimizare, decizie și comunicație adaptivă pentru vectori de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic este testat funcțional cu vectori de roboți (UAV), (UGV), (BOT); (ix) în cazul în care funcționalitatea (GCS) în îndeplinirea misiunilor de control în timp real al vectorilor de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic corespunde performanțelor se încheie etapa de realizare (GCS) în această structură; (x) în cazul în care funcționalitatea (GCS) în îndeplinirea misiunilor de control în timp real al vectorilor de roboți în spațiu 3D aerian, terestru, acvatic nu corespunde performanțelor se repetă secvențelor (v)-(vii) până se îndeplinește condiția din secvența (ix).

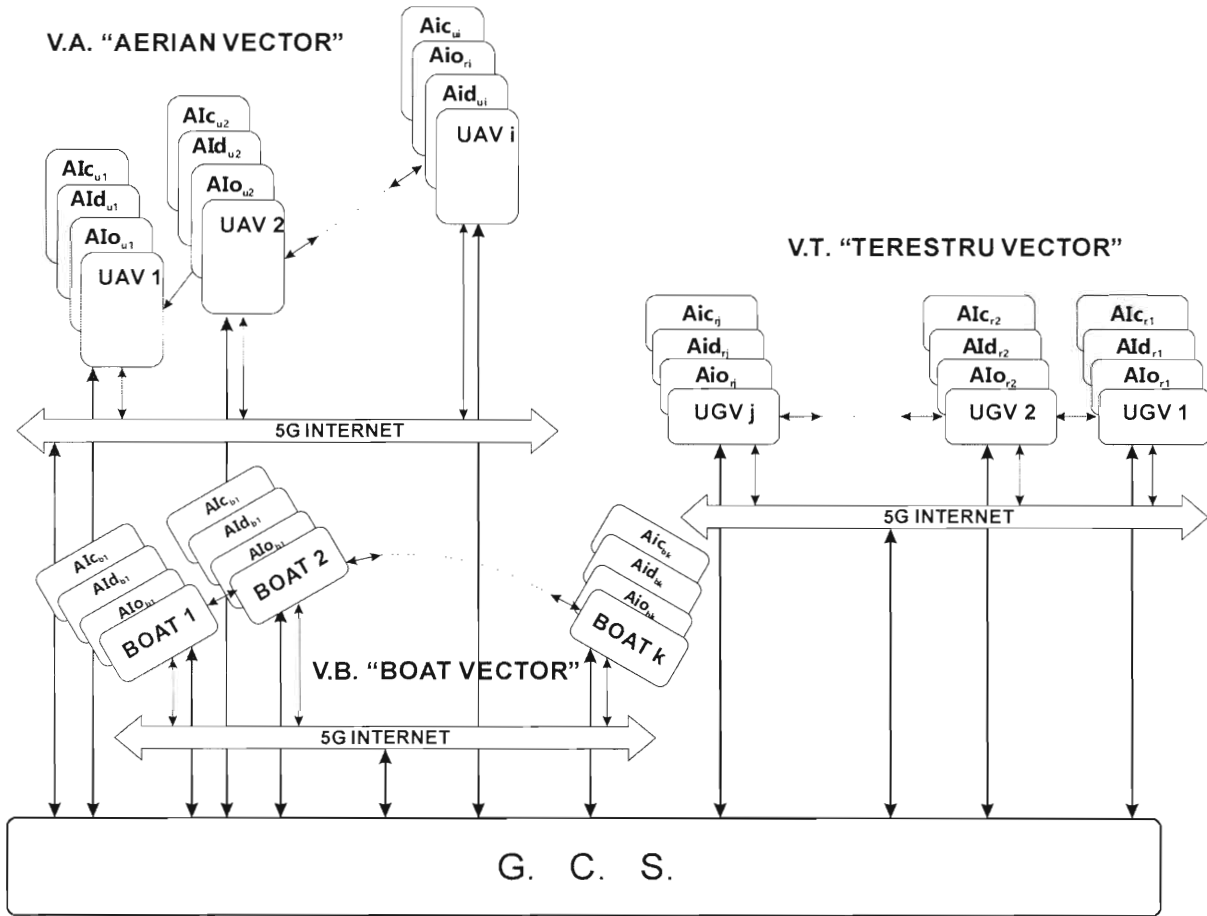


Figura 1

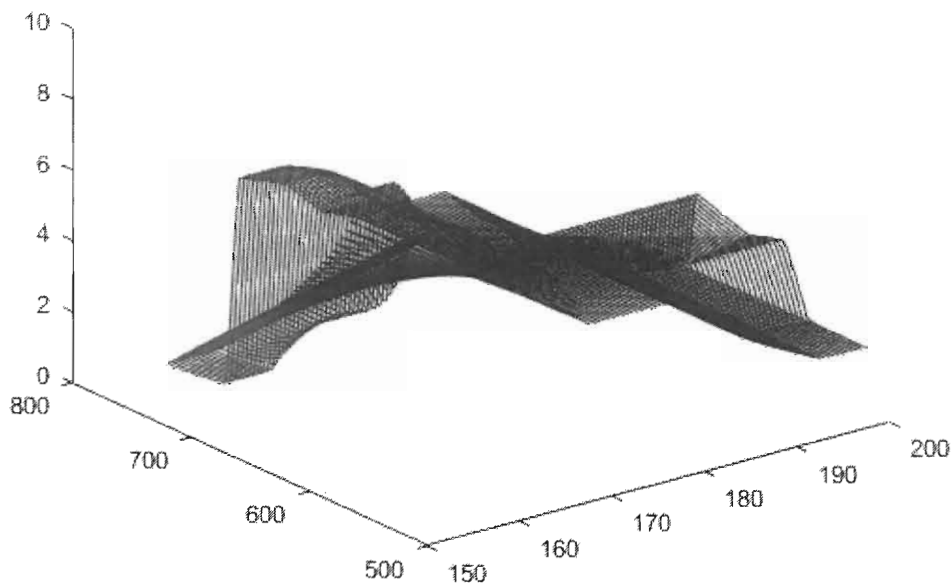


Figura 2

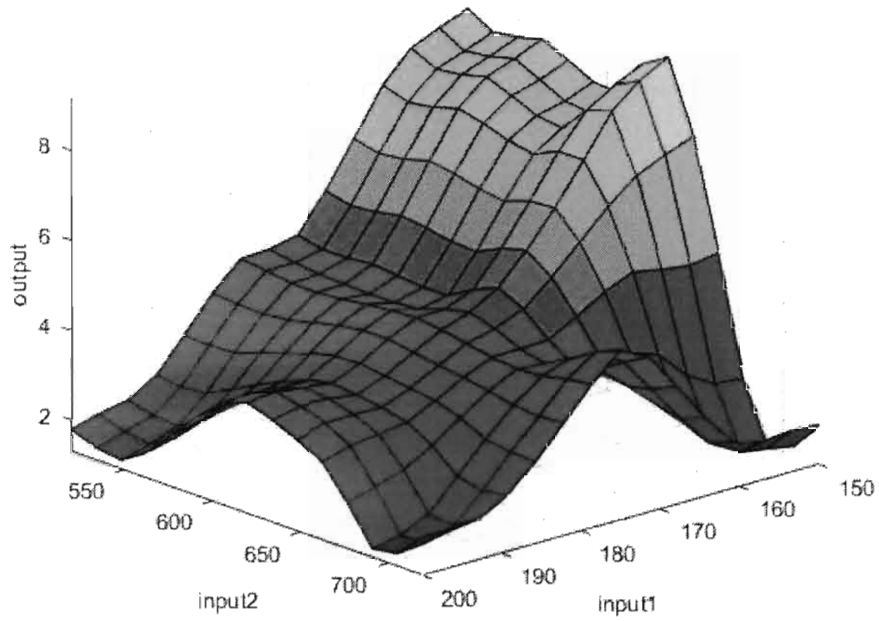


Figura 3

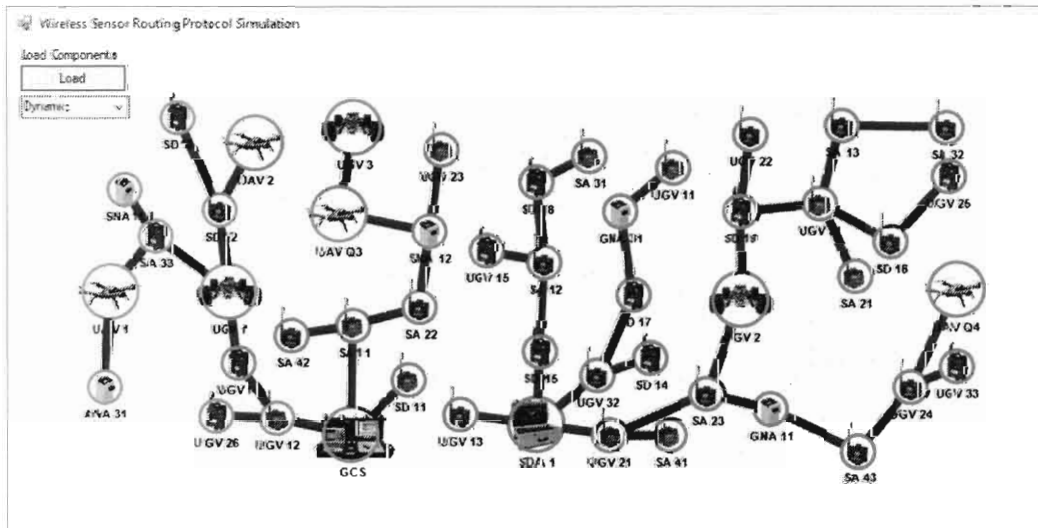


Figura 4

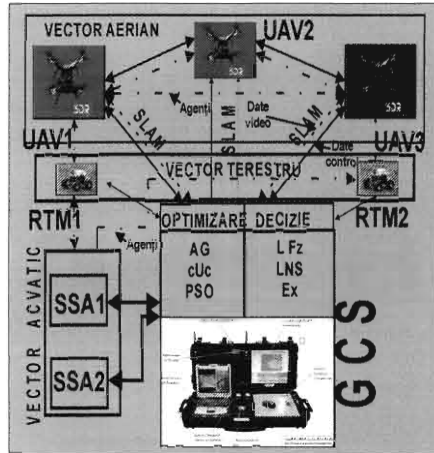


Figura 5