



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00174

(22) Data de depozit: 10/03/2016

(41) Data publicării cererii:
29/11/2016 BOPI nr. 11/2016

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

(72) Inventatori:
• VLADĂREANU LUIGE, STR. GOLOVITA
NR. 34-36, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• MUNTEANU RADU IOAN,
STR. ALEXANDRU VLAHUȚĂ, BL. LAMA C,
AP. 65, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• SIRETEANU TUDOR,
BD. ALEXANDRU OBREGIA NR. 24, BL. R 2,
SC. B, ET. 9, AP. 81, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• ALBU EUGEN, STR. ION CREANGĂ
NR. 125, CUGIR, AB, RO;
• VLADĂREANU VICTOR,
CALEA CRÂNGAȘI NR. 48, BL. 7, ET. 2,
AP. 47, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;

• MUNTEANU RADU ADRIAN,
STR. ALEXANDRU VLAHUȚĂ, BL. LAMA C,
AP. 65, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• CONONOVICI BORIS SERGIU,
STR. PREL. GHENCEA NR. 28, BUCUREȘTI,
B, RO;
• ILIESCU MIHAELA,
STR. ION MIHALACHE NR. 45C, ET. 2, AP. 57,
BUCUREȘTI, B, RO;
• MELINTĂ OCTAVIAN,
PIAȚA ALEXANDRU LAHOVARI NR. 1A,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• GAL IONEL ALEXANDRU,
STR. VULTURILOR NR. 51, SC. A, ET. 3,
AP. 13, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• MITROI DANIEL-MARIAN,
BD. ION MIHALACHE NR. 339, BL. 15, SC. B,
ET. 2, AP. 43, BUCUREȘTI, B, RO;
• CHENARU OANA, STR. VIORELE NR. 4,
BL. 22, SC. C, ET. 2, AP. 84, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) METODĂ ȘI DISPOZITIV PENTRU DEZVOLTAREA ÎN
MEDIUL REALITĂȚII VIRTUALE A INTERFEȚELOR DE
CONTROL SISTEME MECATRONICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un dispozitiv pentru dezvoltarea în mediul virtual și în mediul realității virtuale a unor interfețe de control versatile, inteligente și portabile, validate în timp real pe un sistem de control mecatronic clasic și/sau un sistem mecatronic fizic, destinate îmbunătățirii performanțelor de control al mișcării, navigării și orientării sistemelor mecatronice pe axe de control, cu aplicații în realizarea de sisteme de control pentru roboți, nano/micro/macro manipuloare și sisteme mecatronice. Metoda conform invenției constă în realizarea unei interfețe de modelare a sistemului mecatronic (IMSM), în realizarea unei interfețe de simulare a sistemului mecatronic (ISSM), a unui sistem de realitate virtuală (SRV), a unui sistem de control al actuatorilor cu arhitectură deschisă (OAHA), a unui sistem de control al sarcinii cu arhitectură deschisă (OAHS), în dezvoltarea sistemului de control al actuatorilor cu arhitectură deschisă (OAHA), în generarea referințelor de poziție și forță, în simularea și validarea, în mediul virtual, a sistemului mecatronic, în simularea și validarea, în mediul realității virtuale, a sistemului mecatronic, în simularea și validarea, în cazul existenței unui sistem mecatronic fizic (SMF), și în controlul de la distanță, în interiorul unei rețele globale de comunicații. Dispozitivul conform invenției este alcătuit din niște module, dintre care un modul de interfață de simulare a sistemului mecatronic (ISSM), un sistem de control clasic al sistemului mecatronic (OAHA), un set de m module servo-actuatoriale (MSA_1 - MSA_m), un modul generator de sarcină (MGS), un sistem de realitate

virtuală (SRV), un set de n interfețe de control inteligent (ICI_1 - ICI_n), versatile, un modul de interfață de decizie și fuziune (IDF), un set de p interfețe de control de la distanță (ICD_1 - ICD_p) și un set de p servere PCS (PCS_1 - PCS_p).

Revendicări: 4

Figuri: 6

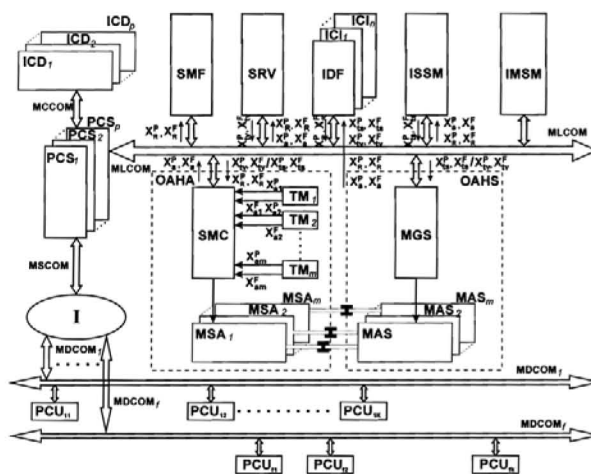


Fig. 1

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).



METODA SI DISPOZITIV PENTRU DEZVOLTAREA IN MEDIUL REALITATII VIRTUALE A INTERFETELOR DE CONTROL SISTEME MECATRONICE

Inventia se refera la o metoda si un dispozitiv complex pentru dezvoltarea in mediul virtual si in mediul realitatii virtuale a unor interfete de control versatile, inteligente si portabile, validate in timp real pe un sistem de control mecatronic clasic si/sau un sistem mecatronic fizic, destinate imbunatatirii performantelor de control al miscarii, navigarii si orientarii sistemelor mecatronice pe axele de control, cu aplicatii in realizarea de sisteme de control pentru roboti, nano/micro/macro manipuloare si sisteme mecatronice.

Robotii de control in timp real si, in general, sistemele mecatronice cu capabilitati de operatori umani joaca un rol de importanta crescuta in medii si zone de hazard sau provocatoare pentru vietile oamenilor expusi la riscuri mari. Cercetari enorme in dezvoltarea interfetelor inteligente de control au condus la diferite tipuri de sisteme mecatronice cu capacitate de sesizare, transport si manipulare pentru numeroase aplicatii. Dezvoltarea interfetelor de control inteligente, versatile si portabile, pentru sisteme mecatronice care pot sprijini oamenii in efectuarea de operatii de cautare si salvare in mediul contaminat nuclear, incendii sau zone calamitate, dupa cutremure si in general in medii nediferentiate si nestructurate, a devenit o urgenta si reprezinta o sarcina complexa. In acest context, simularea sistemelor mecatronice este esentiala in dezvoltarea algoritmilor de control si perceptie pentru aplicatii. Un simulator 3D al robotilor mobili trebuie sa reprezinte corect dinamica acestora si a obiectelor din mediu, permitand astfel o evaluare corecta a comportamentului robotilor. Mai mult, simularea in timp real este importanta pentru a modela corect interactiunile intre sistemele mecatronice, respectiv intre sistemul mecatronic si mediu, acuratetea simularilor necesitand putere de calcul mare in vederea obtinerii unor performante redicate in timp real. Pentru a studia mișcarea și comportamentul acestora în diferite condiții de lucru, trebuie realizat sistemul mecatronic si creat mediul în care acest sistem va trebui să acționeze, ceea ce implică anumite costuri. Cu cât situațiile în care sistemul robotic trebuie testat sunt mai multe, cu atât suma investită în proiectare, simulare, experimentare si validare crește. Programele de proiectare CAD ajuta la modelarea si proiectarea virtuala a pieselor componente ale unui sistem mecanic, până la ansamble complexe, fără a avea alte limitări în afară de cele legate de performanțele sistemului de calcul folosit. Pachetul software Inventor, dezvoltat de firma Autodesk, este folosit pentru proiectare mecanică 3D și simulare de produs. Cu ajutorul Inventor utilizatorul poate reproduce sau crea cu mare precizie un model 3D cu scopul de a-l vizualiza și simula înainte de construirea fizică. Utilizatorii au opțiuni de adăugat forțe, componente dinamice, frecări și au posibilitatea de a testa cum va funcționa produsul în condiții reale. În urma acestor analize se pot genera rapoarte și vizualizări ale rezultatelor pentru verificări ulterioare prin determinări matematice. FreeCAD este un program de modelare parametrica CAD 3D. FreeCAD este creat special pentru inginerie mecanica si proiectare de produs. Caracteristicile FreeCAD sunt similare cu cele ale Catia, SolidWorks sau Solid Edge si prin urmare poate fi inclus in categoriile MCAD, PLM, CAx si CAW. Este un program de modelare parametrica bazat pe caracteristici cu o arhitectura software modulara ce faciliteaza introducerea de noi functionalitati fara a modifica sistemul central. Alta metoda dezvoltata in ultimul timp este metoda proiectiei virtuale, cunoscuta ca metoda Vladareanu-Munteanu, care permite proiectarea, testarea si experimentarea metodelor de control **pe un sistem de control mecatronic clasic (existent)**, cu functionare on-line, in **absenta structurii mecanice**, fara a fi necesara modificarea structurii de comanda si control hardware a robotului. Aceasta metoda asigura versatilitatea interfetelor de control numai pentru sistemul de control dezvoltat prin proiectie virtuala, in absenta structurii mecanice, nu si pentru sistemele mecatronice fizice.



10-03-2016

Dezavantajele acestor metode si solutii tehnice, cu referire la primele sisteme prezentate, constau in principal, in faptul, ca dezvoltarea interfetelor de control se realizeaza prin modelarea intregului sistem mecatronic, inclusiv a sistemului de control mecatronic clasic, utilizand modele matematice virtuale ale structurii mecanice si ale sistemului de control, care contin numai o parte din parametrii acestuia, fara a se tine cont de corelatia intre ei si influenta altor semnale de intrare sau semnale perturbatoare care apar in sistemul real de control. Acestea conduc la reducerea drastica a performantelor dupa implementarea in sistemul de control real. Astfel, aceste erori importante datorate modelarii prin utilizarea unor platforme cunoscute pe plan mondial cum ar fi CAD, CAM, CAE, LabView, Simulink, Webot, USARSim, Unity 3D, V-REP fara aplicarea simularilor, testarilor si experimentarilor in timp real pe **sistemul de control mecatronic clasic sau pe sistemul mecatronic fizic** corelat cu simulari in mediul virtual sau al realitatii virtuale a structurii mecanice in dezvoltarea interfetelor de control inteligent, interfetelor de decizie si fuziune, implica necesitatea unor noi simulari, testari si modificari ale interfetelor de control inteligent.

In cazul metodei proiectiei virtuale utilizarea sistemului mecatronic virtual si al generarii sarcinilor pe axele de control fara interactiune cu **mediul realitatii virtuale 3D**, imposibilitatea functionarii sistemului mecatronic fizic, daca exista sau dupa ce a fost realizat, in paralel si simultan cu sistemul mecatronic virtual proiectat, lipsa portabilitatii interfetelor de control inteligent intr-un sistem global de comunicatii, sunt de asemenea dezavantaje care conduc la reducerea performantelor in controlul sistemelor mecatronice si al profitabilitatii comerciale.

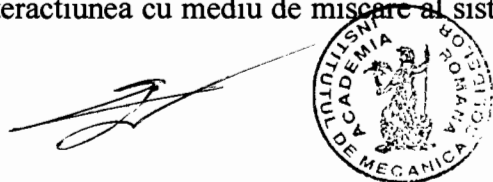
Problema pe care o rezolva inventia consta in aceea ca permite dezvoltarea in mediul realitatii virtuale a interfetelor de control sisteme mecatronice pe un sistem de control mecatronic clasic (existent) si/sau pe sistemul mecatronic fizic, fara a fi necesara modificarea structurii hardware a acestuia, cu imbunatatirea performantelor de control a sistemului mecatronic in timp real reprezentat virtual in **mediul realitatii virtuale** prin decizii optime si fuziunea informatiei intre interfetele de control inteligent, cu realizarea unui nivel ridicat de versatilitate si portabilitate a dispozitivului intr-o retea globala de comunicatii.

1. Metoda conform inventiei inlatura dezavantajele de mai sus prin aceea ca in scopul imbunatatirii performantelor in controlul sistemelor mecatronice, al realizarii unui nivel ridicat de versatilitate si portabilitate a dispozitivului, **in prezenta sau in absenta structurii mecanice a sistemului mecatronic fizic**, asigura proiectarea, testarea si experimentarea metodelor de control pe **un sistem de control mecatronic clasic (existent)**, fara a fi necesara modificarea structurii hardware a acestuia, prin parcurgerea urmatoarelor faze in dezvoltarea respectivului dispozitiv:

(i) **realizarea unei interfete de modelare sistem mecatronic** prin modelarea matematica in mediul virtual a structurii mecanice propriie a sistemului mecatronic sau in absenta acesteia a structurii mecanice dorite a sistemului mecatronic, care include proiectul si reprezentarea grafica in mediul virtual 3D a structurii mecanice,

(ii) **realizarea unei interfete de simulare sistem mecatronic ISSM** prin integrarea interfetei de modelare sistem mecatronic IMMSM din faza (i) intr-un program de simulare a miscarii sistemului mecatronic in mediul virtual 3D, in care se asociaza structurii mecanice a sistemului mecatronic semnalele de masura pe axele de control, pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F si semnalele de referinta pozitie X_R^P si forta X_R^F pentru a determina domeniul parametrilor de miscare pe axe, a fortelor in articulatii si a traiectoriilor elementelor finale (end-efector) ale sistemului mecatronic,

(iii) **realizarea unui sistem de realitate virtuala SRV** prin integrarea interfetei de simulare sistem mecatronic ISSM, obtinuta conform fazelor (i)-(ii), intr-un program de **realitate virtuala 3D**, care simuleaza, computerizat, realitatea fizica a sistemului mecatronic, interactiunea cu mediu de miscare al sistemului mecatronic si genereaza semnalele de pozitie



X_{tv}^P si de forta X_{tv}^F asociate traiectoriei virtuale de miscare al sistemului mecatronic rezultate din interactiunea cu mediu realitatii virtual 3D,

(iv) **realizarea unui sistem de control actuator cu arhitectura deschisa OAHA** care integreaza **sistemul de control mecatronic clasic SCMC**, in care generarea traiectoriei de miscare si a fortelor se face prin metode clasice de control cum ar fi metoda Denevit-Hartenberg si care permite controlul in timp real pe axele de control a **m servo-actuator MSA₁-MSA_m** asociate atat articulatiilor sistemului mecatronic reprezentat grafic in **modulul de interfata de simulare sistem mecatronic ISSM** pentru simularea miscarii sistemului mecatronic in **mediul virtual 3D** cat si articulatiilor sistemului mecatronic cu reprezentarea grafica din **sistemului de realitate virtuala SRV** pentru simularea miscarii sistemului mecatronic in mediul de **realitate virtuala 3D**,

(v) **realizarea unui sistem de control sarcina cu arhitectura deschisa OAHS** care permite printr-un **modul generator de sarcina MGS** controlul in timp real a sarcinii pe axele de control a structurii mecanice ca urmare a interactiunii sistemului mecatronic in mediu virtual 3D prin calcul matematic al greutatii componentelor lantului cinematic al sistemului mecatronic in functie de pozitia X_{ts}^P si forta X_{ts}^F din faza (ii) sau ca urmare a interactiunii sistemului mecatronic in mediu **realitatii virtuale 3D**, prin receptionarea cuplului de sarcina in functie de pozitia X_{tv}^P si forta X_{tv}^F generat in faza (iii), utilizand un numar de **m module actuator de sarcina MAS₁-MAS_m** pe axele de control, cu rolul de sarcina a structurii mecanice a sistemului mecatronic reprezentat grafic, cu fiecare ax cuplat rigid de cele **m module servo-actuator MSA₁-MSA_m** din faza (iv),

(vi) **dezvoltarea sistemului de control actuator cu arhitectura deschisa OAHA** din faza (iv) prin realizarea unor **interfete de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile** pentru controlul extins hibrid forta-pozitie, control neutrosific, interfata de retele neuronale, control robot haptic.

(vii) **generarea referintelor de pozitie si forta, X_R^P , X_R^F** , de catre un modul de interfata de decizie si fuziune **IDF**, obtinute prin schimb de date cu **interfetele de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile** din faza (vi), cu aplicarea unor decizii optime si fuziunii de informatii prin modelari matematice, cum ar fi metoda inferentei datelor, metoda fuzzy, metoda logicii neutrosifice, in controlul miscarii sistemului mecatronic,

(viii) **faza de simulare si validare in mediu virtual a sistemului mecatronic** realizata prin modelarea sistemului mecatronic in faza (i) care interactioneaza in mediul de miscare virtual 3D in interfata de simulare **sistem mecatronic ISSM** realizat din faza (ii), prin functionarea **sistemului de control actuator cu arhitectura deschisa OAHA** realizat in faza (iv) cu semnale de referinta pozitie X_R^P si forta X_R^F realizate in faza (vii), care are sarcina structurii mecanice pe axele de control ale sistemului mecatronic generata de **m module de actuator de sarcina MAS₁-MAS_m** din faza (v) si in care **interfete de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile** dezvoltate in faza (vi) interactioneaza in generarea referintelor de pozitie X_R^P si forta X_R^F pe baza unor modelari matematice conform fazei (vii) si repetarea fazelor (i), (ii), (iv)-(viii) pana ce performantele in controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate prin analiza miscarii sistemului mecatronic din interfata de simulare in mediul virtual din faza (ii) intra in gama de erori dorita;

(ix) **faza de simulare si validare in mediul realitatii virtual a sistemului mecatronic** realizata prin modelarea sistemului mecatronic in faza (i) care interactioneaza in mediul **realitatii virtuale 3D** in **sistemul de realitate virtuala SRV** din faza (iii), prin functionarea **sistemului de control actuator cu arhitectura OAHA** realizat in faza (iv) cu semnale de referinta pozitie X_R^P si forta X_R^F realizate in faza (vii), care are sarcina structurii mecanice pe axele de control ale sistemului mecatronic generata de **m module de actuator de sarcina MAS₁-MAS_m** din faza (v) si in care **interfete de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile**




10-03-2018

dezvoltate in faza (vi) interactioneaza in generarea referintelor de pozitie X_R^P si forta X_R^F pe baza unor modelari matematice conform fazei (vii), si repetarea fazelor (i), (iii)-(ix) pana ce performantele in controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate prin analiza miscarii sistemului mecatronic din interfata de simulare in mediul realitatii virtuale din faza (iii) intra in gama de erori dorita;

(x) *faza de simulare si validare in cazul existentei unui sistem mecatronic fizic SMF* prin functionarea sistemului mecatronic cu structura mecanica virtuala 3D, dezvoltat in fazele (i)-(ix), in interactiune cu mediul virtual 3D cu semnalele de pozitie X_{iv}^P si forta X_{iv}^F din faza (iii) si semnale de referinta pozitie X_R^P si forta X_R^F din faza (vii) care utilizeaza *interfetele de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile* din faza (vi), *in paralel si simultan cu un sistem mecatronic fizic SMF*, cu structura mecanica proprie, care interactioneaza cu un mediu real similar mediului virtual 3D din fazele (i)-(ix), cu repetarea fazelor (i)-(x) pana ce performantele in controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate prin analiza miscarii sistemului mecatronic din *interfata de simulare sistem mecatronic ISSM* din faza (ii), a miscarii sistemului mecatronic din sistemul de realitate virtuala *SRV* din faza (iii) si a miscarii *sistemului mecatronic fizic SMF* din faza (x) intra in gama de erori dorita;

(xi) *faza de control de la distanta, in interiorul unei retele globale de comunicatii*, pentru un numar $f \cdot k$ *utilizatori de la distanta*, fiecare conectat la unu din cele $f \cdot k$ *PC utilizatori PCU₁₁-PCU_{fk}*, unde k are valori de la 1-1.000 si f are valori intre 1-1.000.000, prin realizarea unor p *interfete de control de la distanta ICD₁-ICD_p*, conectate la o retea de comunicatii la distanta I cum ar fi internet, multiplicata pe p *servere PCS PCS₁-PCS_p*, p de la 1 la 1.000, asigura fiecarui *server PCS*, avand alocate dinamic $f \cdot k / p$ *PC utilizatori*, controlul functionarii de la distanta a sistemului mecatronic cu structura mecanica virtuala 3D in interactiune cu mediul virtual 3D, versatilitatea si portabilitatea *interfetelor de control inteligent ICI₁-ICI_n si interfetei de decizie si fuziune IDF* si posibilitatea repetarii fazelor (i)-(xi) de unul din cei $f \cdot k$ *utilizatori* pana ce performantele in controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate prin analiza miscarii sistemului mecatronic din *interfata de simulare sistem mecatronic ISSM* din faza (ii), a miscarii sistemului mecatronic din *sistem de realitate virtuala SRV* din faza (iii) si a miscarii *sistemului mecatronic fizic SMF* cu structura mecanica proprie din faza (x), intra in gama de erori dorita.

2. **Dispozitivul conform inventiei** inlatura dezavantajele mentionate prin aceea ca este alcatuit *dintr-un modul de interfata de modelare sistem mecatronic IMSM* care realizeaza proiectarea si reprezentarea grafica in mediul virtual 3D a structurii mecanice a sistemului mecatronic si transmite proiectul 3D al sistemului mecatronic la *modulul de interfata simulare sisteme mecatronice ISSM* si la *sistemul de realitate virtuala SRV*; un *modul de interfata de simulare sistem mecatronic ISSM* care genereaza numeric printr-o *magistrala locala de comunicatii MLCOM* semnalele de pozitie X_{ts}^P si forta X_{ts}^F asociate traiectoriei simulate de miscare ale sistemului mecatronic la *modulul de interfata de decizie si fuziune IDF* si la *modulul generator de sarcina MGS* si primeste m intrari semnale de masura pe axele de control, pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F , generate de *sistemului de control mecatronic clasic SCMC*, m semnalele de referinta X_R^P pozitie si forta X_R^F generate de un *modul de interfata de decizie si fuziune IDF*, respectiv proiectul 3D al sistemului mecatronic generat de *modul de interfata de modelare sistem mecatronic IMSM*, cu rolul de a realiza simularea miscarii sistemului mecatronic in mediul virtual 3D in functie de semnalele de intrare, printr-un program de simulare cu ajutorul calculatorului CAD, in vederea analizei miscarii sistemului mecatronic, reglarii parametrilor de control pentru *sistemul de control actuator cu arhitectura deschisa OAHA* si al optimizarii legilor de control ale celor n *interfetelor de control inteligent ICI₁-ICI_n*; un *sistem de control clasic al*



sistemului mecatronic OAHA care primește de la *modulul de interfata de decizie si fuziune IDF* semnale de referinta pozitie X_R^P si forta X_R^F , de la *m traductoarele de masurare TM1-TMm* un numar de *m* semnale de masura a pozitiei si fortei in articulatiile structurii mecanice a sistemului mecatronic, procesate intr-un numar de *m* semnale de pozitii actuale X_a^P si forte actuale X_a^F ale structurii mecanice a sistemului mecatronic, de la *modulul de interfata simulare a sistemului mecatronic ISSM* un numar de *m* semnalele de pozitie X_{ts}^P si forta X_{ts}^F pentru functionare in regim de simulare a sistemului mecatronic, de la *sistem de realitate virtuala SRV* un numar de *m* semnalele de pozitie X_{tv}^P si forta X_{tv}^F pentru functionare in mediul de realitate virtuala 3D si transmite *m* semnale de control in timp real la *m servo-actuatore MSA₁-MSA_m*, respectiv *m* semnale de masura pe axele de control pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F la *interfata de simulare sistem mecatronic ISSM*, la *sistem de realitate virtuala SRV* si la *modulul de interfata de decizie si fuziune IDF*, cu rolul de a valida pe *sistemul de control mecatronic clasic SCMC* si *sistemul mecatronic fizic SMF* imbunatatirea performantelor de control in timp real al sistemului mecatronic reprezentat virtual, prin decizii optime si fuziunea informatiei intre *interfetele de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile*; un numar de *m traductoarele de masurare TM1-TMm*, montate pe *m module servo-actuatore MSA₁-MSA_m*, transforma pozitiile pe cele *m* grade de libertate si fortele celor *m* articulatii ale robotului in semnale de masura, pe care le transmite la *sistemul de control clasic a sistemului mecatronic SCMC*, cu rolul de a masura valorile actuale de pozitie X_a^P si forta X_a^F ; un numar de *m module servo-actuatore MSA₁-MSA_m* pe care sunt montate *m* module traductoare de masura TM1-TMm, primesc semnale de control de la *sistemul de control clasic al sistemului mecatronic SCMC*, sunt cuplate rigid cu *m module actuatore de sarcina MAS₁-MAS_m* pe care le actioneaza in faza de simulare a miscarii sistemului mecatronic si in faza de deplasare in mediul virtual 3D pentru validarea deciziilor optime si fuziunii de informatii intre *interfetele de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile* in scopul imbunatatirii performantelor de control in timp real al sistemului mecatronic; un *modul generator de sarcina MGS* primește cuplul de sarcina in functie de pozitia X_{tv}^P si forta X_{tv}^F asociate traiectoriei virtuale de miscare a sistemului mecatronic generat de *sistemul de realitate virtuala SRV* ca urmare a interactiunii sistemului mecatronic in mediul realitatii virtual 3D sau, in functie de faza de simulare conform metodei inventiei, determina cuplul de sarcina prin calcul matematic al greutatii componentelor lantului cinematic al sistemului mecatronic raportat la pozitia X_{ts}^P si forta X_{ts}^F generate de *modul interfata de simulare sistem mecatronic ISSM*, asigurand controlul in timp real celor *m module actuatore de sarcina MAS₁-MAS_m* si functionarea in sarcina a *m module servo-actuatore MSA₁-MSA_m*; un numar de *m module actuatore de sarcina MAS₁-MAS_m* cuplate rigid cu cele *m module servo-actuatore MSA₁-MSA_m* primesc semnale de control de la un *modul generator de sarcina MGS*, cu rolul de a asigura acestora functionarea in sarcina variabila in faza de simulare in mediu virtual 3D a sistemului mecatronic; un *sistem de realitate virtuala SRV* genereaza numeric semnalele de pozitie X_{tv}^P si forta X_{tv}^F , asociate traiectoriei virtuale de miscare al sistemului mecatronic rezultate din interactiunea cu mediu realitatii virtual 3D, la *modulul de interfata de decizie si fuziune IDF* si la *modulul generator de sarcina MGS*, si receptioneaza, de la un *modul de interfata de decizie si fuziune IDF* un numar de *m* semnalele de referinta de pozitie X_R^P si forta X_R^F , de la *sistemul de control actuatore cu arhitectura deschisa OAHA* un numar de *m* intrari semnale de masura pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F pentru reprezentare grafica si control in timp real in mediul realitatii virtuale 3D al sistemului mecatronic, respectiv proiectul 3D al structurii mecanice a sistemului mecatronic de la *modul de interfata de modelare sistem mecatronic IMSM*, prin *magistrala locala de comunicatii MLCOM*, cu rolul de simulare computerizat a realitatii fizice a sistemului mecatronic, prin interactiune cu mediu de miscare al sistemului mecatronic, si determinarea domeniului parametrelor de miscare pe axe, a fortelor in articulatii, a

traectoriilor elementelor finale (end-efector), analizei miscarii si reglarii parametrilor de control pentru sistemul mecatronic; **un modul de interfata de decizie si fuziune IDF** genereaza numeric pentru controlul miscarii structurii mecanice a sistemului mecatronic in mediul realitatii virtuale 3D, printr-o **magistrala locala de comunicatii MLCOM**, referintele de pozitie X_R^P si forta X_R^F la **modulul de interfata de simulare sistem mecatronic ISSM**, la **sistem de realitate virtuala SRV** la **sistemul de control clasic al sistemului mecatronic SCMC** si la **sistem mecatronic fizic SMF** si **primeste** de la un **sistem de control actuator cu arhitectura deschisa OAHA** un numar de m intrari semnale de masura pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F , de la **interfata de simulare sistem mecatronic ISSM** semnalele de pozitie X_{ts}^P si forta X_{ts}^F , de la **sistemul de realitate virtuala SRV** semnalele de pozitie si forta X_{tv}^P si forta X_{tv}^F , **cu rolul de a asigura** controlul in timp real, controlul prioritatilor, decizii optime si fuziunea informatiei intre un numar de n **interfete de control inteligent ICI_1-ICI_n** prin modelari matematice, cum ar fi metoda inferentei datelor, metoda fuzzy, metoda logicii neutrosifice in controlul miscarii sistemului mecatronic, versatilitatea interfetelor de control inteligent de ale sistemului mecatronic virtual 3D si versatilitatea interfetelor de control inteligent de a mediului de miscare 3D al sistemului mecatronic; **un numar de n interfete de control inteligent ICI_1-ICI_n versatile** care asigura dezvoltarea a unui numar de n functii de control suplimentare fata de cele asigurate de **sistemul de control mecatronic clasic SCMC**, **cu rolul de a permite** implementarea diferitelor metode de control cum ar fi controlul extins hibrid forta-pozitie, control neutrosific, interfata de retele neuronale, control robot haptic, **testarea** performantelor controlului sistemului mecatronic in mediul virtual 3D prin utilizarea **interfete de simulare sistem mecatronic ISSM** sau a **sistemului de realitate virtuala SRV**, **validate** in mediu real prin aplicarea lor pe **sistemul control actuator cu arhitectura deschisa OAHA** sau pe un **sistem mecatronic fizic SMF**, **care conduc** la performantele imbunatatite in controlul sistemului mecatronic prin repetarea experimentarilor astfel ca erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate prin analiza miscarii sistemului mecatronic intra in gama de erori dorita; **un sistem mecatronic fizic SMF**, **primeste** printr-o **magistrala locala de comunicatii MLCOM** semnale de referinta pozitie si forta, X_R^P , X_R^F , de la modulul de **interfata de decizie si fuziune IDF**, **cu rolul de a functiona in paralel si simultan** cu sistemul mecatronic virtual din **sistemul de realitate virtuala SRV** si are **posibilitatea** de a incarca in programul propriu de executie **interfetele de control inteligent ICI_1-ICI_n versatile si modulul de interfata de decizie si fuziune IDF**, **avand ca scop** imbunatatirea performantelor in controlul sistemului mecatronic prin repetarea experimentarilor astfel ca erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate prin analiza miscarii sistemului mecatronic intra in gama de erori dorita; **un un numar de p interfete de control de la distanta ICD_1-ICD_p** , **multiplycate** pe numar de p **servere PCS PCS_1-PCS_p** , p de la 1 la 1.000, **utilizeaza magistrala de control comunicatii MCCOM** pentru schimbul de date cu p **servere PCS PCS_1-PCS_p** , **asigura** unui numar de $f*k$ utilizatori de la distanta, conectati **la internet**, **accesul** la resursele software ale dispozitivului realizat conform inventiei, care constau in **interfata de modelare sistem mecatronic IMSM**, **interfata de simulare sistem mecatronic ISSM**, **sistemul de control actuator cu arhitectura OAHA**, **sistemul de control sarcina cu arhitectura deschisa OAHS**, **sistemul de realitate virtuala SRV**, **sistemul mecatronic fizic SMF**, **in vederea dezvoltarii** unor noi **interfetele de control inteligent ICI_1-ICI_n versatile si interfate de decizie si fuziune IDF** pentru testare, validare si utilizarea lor pe propriul sistem mecatronic fizic cu imbunatatirea performantelor in controlul in timp real al sistemului mecatronic si posibilitatea portarii acestora pe propriul **PC utilizator $PCU_{11-PCU_{fk}}$** , in care k are valori de la 1-1.000 si f are valori intre 1-1.000.000; **un numar de p servere PCS PCS_1-PCS_p** , care dispun de o capacitate mare de stocare si procesare, **conectate** printr-o **magistrala de comunicatii a serverului MSCOM** la o **retea globala de comunicatii I**, **utilizand** un sistem global de comunicatii cum ar fi internet, **faciliteaza** unui numar de $f*k$





utilizatori de la distanta, conectati la f^*k PC utilizatori $PCU_{11}-PCU_{fk}$ printr-o **magistrala de comunicatii la distanta** $MDCOM_1 - MDCOM_f$, accesul la resursele dispozitivului realizat conform inventiei printr-un numar de p **interfete de control de la distanta** ICD_1-ICD_p ; un **numar de f^*k PC utilizatori $PCU_{11}-PCU_{fk}$** , in care fiecare utilizator are acces de la distanta la facilitatile oferite de un numar de p **servere PCS** PCS_1-PCS_p prin intermediul celor p **interfete de control de la distanta** ICD_1-ICD_p , permite fiecaruia dintre cei f^*k **utilizatori de la distanta**, conectat la o **retea globala de comunicatii I** printr-un sistem global de comunicatii cum ar fi internet, accesul la resursele software ale dispozitivului realizat conform inventiei in vederea dezvoltarii de la distanta a unor noi **interfetele de control inteligent** ICI_1-ICI_n **versatile si interfete de decizie si fuziune IDF** cu performante imbunatatite in controlul in timp real ale sistemului mecatronic pe propriul **PC utilizator $PCU_{11}-PCU_{fk}$** .

Inventia prezinta avantajul ca permite dezvoltarea interfetelor de control prin proiectarea, testarea si experimentarea metodelor de control pe **un sistem de control mecatronic clasic (existent)**, fara a fi necesara modificarea structurii hardware a acestuia, **in absenta structurii mecanice a sistemului mecatronic fizic** reprezentat virtual in mediul realitatii virtuale sau **in prezenta sistemului mecatronic fizic** prin functionarea in paralel si simultan a acesteia cu structura mecanica reprezentata virtual in **mediul realitatii virtuale**, cu imbunatatirea performantelor de control in timp real al sistemului mecatronic prin decizii optime si fuziunea informatiei intre **interfetele de control inteligent** si realizarea unui **nivel ridicat de versatilitate si portabilitate a dispozitivului** intr-o retea globala de comunicatii.

Inventia asigura nivel ridicat de versatilitate a dispozitivului prin transformarea interfetelor de control de la functia de baza de control in timp real al miscarii, navigarii si orientarii sistemului mecatronic pe axele de control, la functii de control inteligent printr-un quantum de functii optimizate si testate ale dispozitivului, adaptate interactiunii cu medii nestructurate si nediferentiate.

Inventia asigura nivel ridicat de portabilitate a dispozitivului prin posibilitatea portarii interfetelor de control inteligent ale sistemului mecatronic virtual 3D si ale mediului de miscare 3D al sistemului mecatronic de la sistemul PC, al unui utilizator extern, la dispozitivul realizat conform inventiei, pe de o parte, respectiv de la dispozitiv la sistemul PC al unui utilizator extern aflat la distanta, cu posibilitatea controlului de la distanta a functiilor de control inteligent de catre utilizatorul extern, permitand astfel imbunatatirea performantelor sistemelor de control al sistemelor mecatronice de un numar mare de utilizatori de la distanta, cu exploatarea comerciala la nivel mondial intr-un mod facil.

Un alt avantaj al inventiei generat de versatilitatea platformei consta in integrarea, de utilizatorul local sau extern, in etape succesive a interfetelor de control inteligent aplicate **sistemului clasic de control real al sistemului mecatronic**, cu iterarea acestor etape pana la obtinerea performantelor dorite.

Se da in continuare un exemplu de realizare a inventiei, in legatura cu figura 1, care prezinta schema de principiu de control in timp real a metodei si dispozitivului, figura 2 reprezinta modelarea 3D a sistemului mecatronic, figura 3 reprezinta platforma de simulare sistem mecatronic, figura 4 reprezinta control sistem pe lant cinematic 3 DOF, figura 5 reprezinta sistem de realitate virtuala in Unity 3D, figura 6 reprezinta interfata grafica pentru controlul inteligent cu retele neuronale.

Metoda si dispozitivul conform inventiei prezentate in figura 1, sunt alcatuite dintr-un **modul de interfata de modelare sistem mecatronic IMSM** care realizeaza proiectarea si reprezentarea grafica in mediul virtual 3D a structurii mecanice a sistemului mecatronic; **un modul de interfata de simulare sistem mecatronic ISSM** genereaza semnalele de pozitie X_{ts}^P si forta X_{ts}^F asociate traiectoriei simulate de miscare ale sistemului mecatronic si primeste m

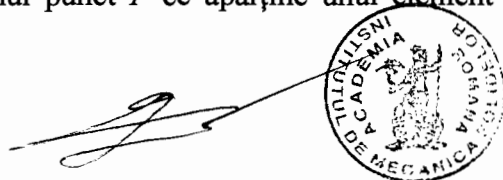
intrari semnale de masura pe axele de control, pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F , m semnalele de referinta X_R^P pozitie si forta X_R^F , respectiv proiectul 3D al sistemului mecatronic, cu rolul de a realiza simularea miscarii sistemului mecatronic in mediul virtual 3D in functie de semnalele de intrare, analiza miscarii sistemului mecatronic, reglarii parametrilor de control pentru **sistemul de control actuatorare cu arhitectura deschisa OAHA** si al optimizarii legilor de control ale celor n **interfetelor de control inteligent ICI₁-ICI_n**;

Un exemplu de modelare matematica in mediul virtual 3D cu sistemul mecatronic al robotului NAO prin **interfata de modelare sistem mecatronic IMSM**, este prezentat in figurile 2a si 2b. Interfata ofera utilizatorului posibilitatea de proiectare a structurii mecanice si geometriei robotului pe platforma CAD cu putere mare de calcul si reprezentare grafica in mediul virtual 3D a structurii mecanice utilizand aplicatia Blender. Aceasta contine un set robust de caracteristici si unelte privind dinamica corpurilor rigide, unelte de modelare si animatie a sistemelor mecatronice. Pentru proiectarea modelului 3D in Blender a fost necesara cunoasterea detaliata a dimensiunilor si maselor fiecarei componente a robotului. Din analiza modelului 3D s-a obtinut Modelul 3D a robotului NAO V4 care a fost utilizat ulterior in mediul virtual 3D. Componenta centrala a robotului NAO este pieptul, prezentata in figura 2a. Se observa conturul piesei dat de liniile si punctele de intersectie ce definesc poligoanele suprafetei modelului geometric 3D. Utilizand aplicatia Blender s-a obtinut modelarea 3D a unui robot de salvare in zone calamitare RABOT care este prezentata in figura 2b.

Un exemplu **de simulare sistem mecatronic** in mediul virtual 3D, cum ar fi robotul umanoid NAO dezvoltat de catre Aldebaran pentru a determina domeniul parametrilor de miscare pe axe, a fortelor in articulatii si a traiectoriilor elementelor finale (end-efector) prin utilizarea platformei de simulare virtuala Choregraphe in corelatie cu platforma de realitate virtuala Webots cu programare in script (figura 3a) sau cu setarea parametrilor segmentelor piciorului robotului NAO si programare prin diagrame (figura 3b). Interfata de simulare poate utiliza mai multe tipuri de roboti care sunt deja implementati pe aceasta interfata sau se poate importa structura dezvoltata dintr-un alt program de proiectare (SolidWorks, AutoDesk, etc). Utilizatorul are la dispozitie principalele clase din biblioteca platformei de simulare virtuala Choregraphe pentru proiectarea componentei de simulare: clasa de miscare pentru metode de control al articulatiilor si metode de deplasare robot, respectiv clasa de senzori pentru monitorizare in raport cu evenimentele din mediul virtual sau real.

Un sistem de control clasic al sistemului mecatronic OAHA care *primește* semnalele de referinta pozitie X_R^P si forta X_R^F , un numar de m semnale de masura a pozitiei si fortei in articulatiile structurii mecanice a sistemului mecatronic, procesate intr-un numar de m semnale de pozitii actuale X_a^P si forte actuale X_a^F ale structurii mecanice a sistemului mecatronic, un numar de m semnalele de pozitie X_{ts}^P si forta X_{ts}^F pentru functionare in regim de simulare a sistemului mecatronic, un numar de m semnalele de pozitie X_{tv}^P si forta X_{tv}^F pentru functionare in mediul de realitate virtuala 3D si *transmite* m semnale de control in timp real la ***m servo-actuatorare MSA₁-MSA_m***, respectiv m semnale de masura pe axele de control pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F , cu rolul de a valida pe **sistemul de control mecatronic clasic SCMC si sistemul mecatronic fizic SMF** imbunatatirea performantelor de control in timp real al sistemului mecatronic reprezentat virtual, prin decizii optime si fuziunea informatiei intre **interfetele de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile**;

Un exemplu de strategie de control sistem mecatronic are la baza calcul cinematic direct si invers pe 6DOF (grade de libertate). În vederea modelarii mecanismului spațial al lantului cinematic pentru segmentele piciorului robotului se alocă fiecărui element component al mecanismului câte un sistem de axe cartezian drept. Transformare afină în spațiul tridimensional este definită analitic prin funcțiile X_1, Y_1, Z_1 de X_2, Y_2, Z_2 . între coordonatele unui punct P ce aparține unui element și coordonatele aceluiași punct traslatat în spațiu



elementului următorului grad de libertate DOF, se poate stabili o corespondență biunivocă corespunzătoare formalismului Denevit-Hartenberg. Integrarea componentei de forță se realizează prin controlul hibrid forță-pozitie. Pentru a determina relațiile de control în această situație, împărțim ΔX_P definită ca deviația măsurată de sistemul de comandă în coordonate Carteziene în două seturi: ΔX_a^F - corespunzătoare componentei controlată prin forță și ΔX_a^P - corespunzătoare controlului în poziție cu acționare pe axe conform matricelor de selecție S_f și S_x . Dacă se consideră numai controlul de poziție pe direcțiile stabilite de matricea de selecție S_x se pot determina atât mișcările diferențiale dorite ale elementului final de execuție corespunzătoare controlului în poziție din relația:

$$\Delta X_P = K_P \Delta X_a^P, \quad (1)$$

unde K_P este matricea câștigului, cât și unghiurile mișcării dorite pe axele controlate în poziție:

$$\Delta \theta_P = J^{-1}(\theta) * \Delta X_P \quad (2).$$

Luând în considerare și controlul forței pe celelalte direcții rămase, relația între mișcarea unghiulară dorită a end-effectorului și eroarea de forță ΔX_F este dată de relația:

$$\Delta \theta_F = J^{-1}(\theta) * \Delta X_a^F, \quad (3)$$

unde eroarea de poziție datorată forței ΔX_F este diferența de mișcare între ΔX_a^F - deviația poziției curente măsurată de sistemul de comandă care generează deviația de poziție pentru axele controlate în forță și ΔX_D - deviația în poziție datorată forței reziduale dorite. Notând F_D forța reziduală dorită și K_W rigiditatea fizică se obține relația:

$$\Delta X_D = K_W^{-1} * F_D \quad (4).$$

Astfel, ΔX_F se poate calcula din relația:

$$\Delta X_F = K_F \Delta X_a^F - \Delta X_D \quad (5)$$

unde K_F este relația dimensională a matricii de rigiditate. În final, rezultă variația de mișcare pe axele robot raportate la variația mișcării la elementul de execuție după relația:

$$\Delta \theta = J^{-1}(\theta) \Delta X_F + J^{-1}(\theta) \Delta X_P \quad (6).$$

Un număr de m module servo-actuatoriale MSA_1 - MSA_m sunt cuplate rigid cu m module actuatoriale de sarcină MAS_1 - MAS_m pe care le acționează în faza de simulare a mișcării sistemului mecatronic și în faza de deplasează în mediul virtual 3D pentru validarea deciziilor optime și fuziunii de informații între *interfețele de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile* în scopul îmbunătățirii performanțelor de control în timp real al sistemului mecatronic; **un modul generator de sarcină MGS** primește cuplul de sarcină de la *sistem de realitate virtuală SRV* în funcție de poziția X_{tv}^P și forța X_{tv}^F asociate traiectoriei virtuale de mișcare a sistemului mecatronic ca urmare a interacțiunii sistemului mecatronic în mediul realității virtual 3D sau determină cuplul de sarcină prin calcul matematic al greutății componentelor lantului cinematic al sistemului mecatronic raportat la poziția X_{ts}^P și forța X_{ts}^F , asigurând controlul în timp real celor m module actuatoriale de sarcină MAS_1 - MAS_m și funcționarea în sarcină a m module servo-actuatoriale MSA_1 - MSA_m ; un număr de m module actuatoriale de sarcină MAS_1 - MAS_m cuplate rigid cu cele m module servo-actuatoriale MSA_1 - MSA_m primesc semnale de control cu rolul de a asigura acestora funcționarea în sarcină variabilă în faza de simulare în mediu virtual 3D a sistemului mecatronic;

Un exemplu de control actuatoriale și sarcină pe lant cinematic cu 3DOF ($m=3$), pentru un număr de 3 module servo-actuatoriale MSA_1 - MSA_m cuplate rigid cu 3 module actuatoriale de sarcină MAS_1 - MAS_m , a cărei mișcare se realizează în spațiu, este prezentat în figura 4. Rezultă un grad de libertate de tip giratie, poziționat la baza platformei, și două grade de libertate de tip rotație. Sarcinile actualelor de poziționare ale robotului simulat sunt




generate de motoarele de sarcina, prin modelarea unei serii de articulatii robotice folosind motoare in perechi de actuator – sarcina, cu definirea profilelor de sarcina ca parametrii de intrare in sistem. Sunt alocate 3 **module servo-actuator** MSA_1-MSA_3 cuplate rigid cu 3 **module actuator de sarcina** MAS_1-MAS_3 pentru trei articulatii principale ale unui robot, sold, genunchi, talpa. Servomotoarele functioneaza pe 6 DOF, 3 DOF pentru actionare si 3 DOF pentru actuator de sarcina, asigurand conditii optime pentru experimentari de imbunatatire ale **interfetei de decizie si fuziune IDF** si **interfetelor de control inteligent** ICI_1-ICI_n prin validarea pe un sistem real, **sistemul de control clasic al sistemului mecatronic OAHA**, a diverselor conditii rezultate ale interactiunii in mediul realitatii virtuale in care sarcinile componentelor lantului cinematic al sistemului mecatronic sunt generate de **sistem de realitate virtuala SRV** in functie de pozitia X_{tv}^P si forta X_{tv}^F asociate traiectoriei virtuale de miscare a sistemului mecatronic, sau simulare in mediu virtual prin calcul matematic al sarcinilor componentelor lantului cinematic raportat la pozitia X_{ts}^P si forta X_{ts}^F reprezentate grafic in **interfata de modelare sistem mecatronic IMSM**.

Un sistem de realitate virtuala SRV genereaza numeric semnalele de pozitie X_{tv}^P si forta X_{tv}^F , asociate traiectoriei virtuale de miscare a sistemului mecatronic rezultate din interactiunea cu mediu realitatii virtual 3D si **receptioneaza** un numar de m semnalele de referinta de pozitie X_R^P si forta X_R^F , un numar de m intrari semnale de masura pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F pentru reprezentare grafica si control in timp real in mediul realitatii virtuale 3D al sistemului mecatronic, respectiv proiectul 3D al structurii mecanice a sistemului mecatronic, cu rolul de simulare computerizat a realitatii fizice a sistemului mecatronic, prin interactiune cu mediu de miscare al sistemului mecatronic, si determinarea domeniului parametrilor de miscare pe axe, a fortelor in articulatii, a traiectoriilor elementelor finale, analizei miscarii si reglarii parametrilor de control pentru sistemul mecatronic;

Pentru a exemplifica functionarea **sistemului de realitate virtuala SRV** intr-un program de realitate virtuala, care simuleaza computerizat realitatea fizica a sistemului mecatronic, este prezentat in figura 5 robotul NAO in Unity 3D. Sistemul mecatronic utilizeaza motoare de fizica pentru comportament fizic cat mai apropiat cu cel real in interactiune cu mediul virtual, afectat de coliziuni, gravitatie si alte forte exterioare fiind necesare bucle de control pe fiecare grad de libertate pentru a asigura stabilitatea sistemului. Cu numai cativa parametrii configurabili, se pot crea sistemul mecatronic care se comporta activ intr-un mod realist in mediul virtual. Unity 3D permite realizarea de comportamente fizice sistemului mecatronic in mediul realitatii virtuale cu generarea semnalele de pozitie X_{tv}^P si forta X_{tv}^F , asociate traiectoriei virtuale de miscare a sistemului mecatronic rezultate din interactiunea cu mediu realitatii virtual 3D.

Un modul de interfata de decizie si fuziune IDF genereaza numeric pentru controlul miscarii structurii mecanice a sistemului mecatronic in mediul realitatii virtuale 3D referintele de pozitie X_R^P si forta X_R^F si **primeste** un numar de m intrari semnale de masura pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F , semnalele de pozitie X_{ts}^P si forta X_{ts}^F , semnalele de pozitie si forta X_{tv}^P si forta X_{tv}^F , **cu rolul de a asigura controlul in timp real, controlul prioritatilor, decizii optime si fuziunea informatiei** intre un numar de n **interfete de control inteligent** ICI_1-ICI_n prin modelari matematice, cum ar fi metoda inferentei datelor, metoda fuzzy, metoda logicii neutrosifice in controlul miscarii sistemului mecatronic, versatilitatea interfetelor de control inteligent ale sistemului mecatronic virtual 3D si versatilitatea interfetelor de control inteligent a mediului de miscare 3D al sistemului mecatronic; **un numar de n interfete de control inteligent** ICI_1-ICI_n **versatile care asigura dezvoltarea** a unui numar de n functii de control suplimentare fata de cele asigurate de **sistemul de control mecatronic clasic SMC**, **cu rolul de a permite implementarea diferitelor metode de control** cum ar fi controlul extins hibrid forta-pozitie, control neutrosific, interfata de retele neuronale, control robot haptic, **testarea performantelor controlului sistemului mecatronic in mediul virtual 3D prin utilizarea**





interfete de simulare sistem mecatronic ISSM sau a *sistemului de realitate virtuala SRV*, validate in mediu real prin aplicarea lor pe *sistemul control actuator cu arhitectura deschisa OAHA* sau pe un *sistemul mecatronic fizic SMF*, care conduc la performantele imbunatatite in controlul sistemului mecatronic prin repetarea experimentarilor astfel ca erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate prin analiza miscarii sistemului mecatronic intra in gama de erori dorita;

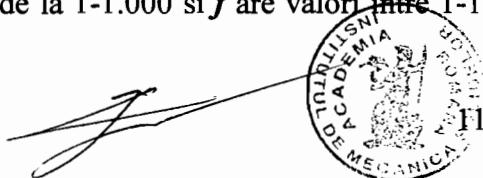
Interfata de decizie si fuziune IDF asigura controlul in timp real, controlul prioritatilor si monitorizarea schimbului de informatii intre *interfetele de control inteligent ICI₁-ICI_n*, conectate prin *magistrala locala de comunicatii MLCOM* cu *sistemul de realitate virtuala SRV* sau cu *interfata de simulare sistem mecatronic ISSM* pentru *demonstrarea* prin simulare virtuala a rezultatelor in controlul sistemului mecatronic, respectiv cu *sistem de control clasic al sistemului mecatronic OAHA* sau cu *sistemul mecatronic fizic SMF* pentru *validarea* performantelor rezultate in controlul sistemului mecatronic.

Interfete de control inteligent ICI₁-ICI_n si interfata de decizie si fuziune IDF utilizeaza strategii avansate de control adaptate mediului robotului tip *interfata de control extins (ICEx)* care integreaza controlul extins hibrid forta-pozitie (eHFPC), *interfata de control neutrosific (ICNs)* care integreaza metoda neutrosifica de control robot, Robot Neutrosophic Control (RNC), *interfata de retele neuronale (INN)*, *interfata de control robot haptic (CRH)* destinat deplasarii si navigarii pe terenuri denivelate si medii incerte.

Pentru a exemplifica functionarea *interfetei de retele neuronale (INN)* este prezentata in figura 6 interfata grafica (GUI), care include un selector pentru un numar de tipuri de robot pre-stabilite si posibilitatea de a defini limitele maxime de deplasare pentru fiecare dintre incheieturile robotice (figura 6a). Dupa specificarea acestor informatii, exista posibilitatea de a genera si afisa campul de lucru robotic in spatiu 3D folosind cinematica directa, pentru vizualizare, si de a porni invatarea unui grup de ANFIS (sisteme de inferenta fuzzy antrenate folosind retele neuronale) pentru emularea cinematicii inverse (fig. 6b). Aplicatia dezvoltata este conceputa pentru imbunatatirea performantelor prin controlul hibrid forta-pozitie si implica proiectarea si simularea unui dispozitiv robotic cu trei grade de libertate. Referinta de urmarire pentru articulatiile unghiulare este generata folosind un model antrenat neuro-fuzzy in locul sistemului cinematic invers uzual. Actuatorile articulatiilor sunt conduse folosind o selectie de controllere de pozitie si o comparatie a performantelor lor, obtinute pe concepte investigate anterior, de mare actualitate in domeniu cum ar fi retele neuro-fuzzy, extenica si control fuzzy cu baza redusă.

Un sistem mecatronic fizic SMF, cum ar fi robotul NAO, *primeste* semnale de referinta pozitie si forta, $\mathbf{X}_R^P$, $\mathbf{X}_R^F$ cu rolul de a functiona in paralel si simultan cu sistemul mecatronic virtual din *sistemul de realitate virtuala SRV* si are posibilitatea de a incarca in programul propriu de executie *interfetele de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile si modulul de interfata de decizie si fuziune IDF*, avand ca scop imbunatatirea performantelor in controlul *sistemului mecatronic* prin repetarea experimentarilor astfel ca erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate prin analiza miscarii sistemului mecatronic intra in gama de erori dorita;

Un un numar de p interfete de control de la distanta ICD₁-ICD_p, *multiplycate* pe numar de *p servere PCS PCS₁- PCS_p*, *p* de la 1 la 1.000 *asigura* unui numar de $f \cdot k$ utilizatori de la distanta, conectati la internet *accesul* la resursele software ale *dispozitivului* realizat conform inventiei in vederea dezvoltarii unor noi *interfetele de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile si interfete de decizie si fuziune IDF* pentru testare, validare si utilizare pe propriul sistem mecatronic fizic, cu imbunatatirea performantelor in controlul in timp real al sistemului mecatronic si posibilitatea portarii acestora pe propriul *PC utilizator PCU₁₁-PCU_{jk}*, in care *k* are valori de la 1-1.000 si *f* are valori intre 1-1.000.000; un *numar de p servere PCS PCS₁-*

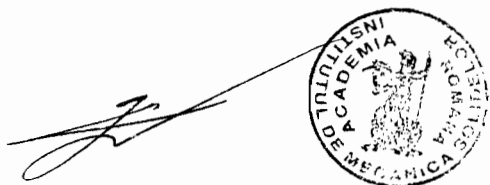


PCS_p, care dispun de o capacitate mare de stocare și procesare, *conectate* la o **retea globala de comunicatii I**, *utilizand* un sistem global de comunicatii cum ar fi internet, *faciliteaza* unui numar de **f*k utilizatori** de la distanta, conectati la **f*k PC utilizatori PCU₁₁-PCU_{fk}** *accesul* la resursele **dispozitivului** realizat conform inventiei printr-un numar de **p interfete de control de la distanta ICD₁-ICD_p**; un **numar de f*k PC utilizatori PCU₁₁-PCU_{fk}** care contine fiecare cate o aplicatie de acces de la distanta, in care utilizand facilitatile oferite de un numar de **p servere PCS PCS₁- PCS_p** prin intermediul *celor p interfete de control de la distanta ICD₁-ICD_p*, permite fiecaruia dintre cei **f*k utilizatori** de la distanta, conectat la o **retea globala de comunicatii I** printr-un sistem global de comunicatii cum ar fi internet, *accesul* la resursele software ale **dispozitivului realizat conform inventiei**, in vederea dezvoltarii de la distanta a unor noi **interfetele de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile si fuziune IDF** cu performante imbunatatite in controlul in timp real al sistemului mecatronic pe propriul **PC utilizator PCU₁₁-PCU_{fk}**.

Pentru exemplificare, accesul la distanță se face utilizând aplicația Windows Remote Desktop Connection. Aceasta faciliteaza accesul utilizatorilor externi de pe un calculator **PC utilizator PCU₁₁-PCU_{fk}** pe care rulează un sistem de operare Windows la resursele software ale **p servere PCS PCS₁- PCS_p**, dintr-o altă locație, interacțiunea fiind posibilă în aceleași condiții ca ale unui calculator local. Astfel se va permite, pe baza unui cont de utilizator, accesarea **interfetelor de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile si interfetelor de decizie si fuziune IDF** prin intermediul unui browser web si a **p interfete de control de la distanta ICD₁-ICD_p**. Din punctul de vedere al aplicabilității, cele **p servere PCS PCS₁- PCS_p** permit execuția concurentă a mai multor aplicații și accesul simultan al mai multor utilizatori la informațiile stocate pe acesta. În plus, crește securitatea datelor și permite controlul accesului la fișiere prin facilități implicite de criptare, securitate și protecție a datelor. Prin utilizarea unui sistemului de operare cum ar fi Windows Server 2012 se obține o soluție integrată ce permite inclusiv restaurarea funcționalității în cazul unei defecțiuni, acces remote concurent și facilități de colaborare între stațiile conectate cu acesta prin rețeaua locală.

Brevetul propus are la baza numeroase cercetari multidisciplinare cu contributii de cercetare fundamentala si capabilitati tehnologie in numeroase domenii : industria nucleara pentru transport materiale nucleare, asistenta medicala pentru persoane handicapate, agricultura si silvicultura, inspectii in zone greu accesibile, nano-micro tehnologii, etc.

Utilizarea interactiunii in mediul realitatii virtuale prin functionarea sistem mecatronic fizic in paralel si simultan cu sistemul mecatronic virtual in mediul realitatii virtuale conduce la dezvoltarea unor noi interfete de decizie si fuziune si a unor noi interfete de control inteligent pentru controlul sistemelor mecatronic cu performante imbunatatite, oferind specialistilor posibilitatea de validare pe sisteme de control reale. Portabilitatea interfete de control inteligent intr-o retea globala de comunicatii creste impactul economic si al dezvoltarii performantelor de control al sistemelor mecatronice prin participarea la scara mondiala a unor cercetatorilor din medii academice, universitati, centre de cercetare sau personal specializat. Caracteristicile de portabilitate a dispozitivului realizat conform inventiei permite utilizatorului, oriunde s-ar afla in lume, ca dupa testare si imbunatatirea performanelor de miscare ale sistemului mecatronic sa implementeze interfetele de control inteligent si interfetele de decizie si fuziune pe propriul sistem de control. Impreuna cu caracteristica de functionare intr-o retea globala de comunicatii, dispozitivul este competitiv cu alte platforme virtuale renumite pe plan mondial CAD, CAM, CAE, LabView, Matlab, Simulink, Webot, USARSIM, Unity 3D, V-REP profitabil din punct de vedere comercial, permitand intrarea dispozitivului realizat conform inventiei pe piata IT ca o noua componenta intre platforme IT existente.



Bibliografie

1. Choi A.C.K., Chan D.S.K., Yuen A.M.F., "Application of Virtual Assembly Tools for Improving Product Desing", Int. J. Adv. Manuf. Technol. (2002), 19:377-383, Springer-Verlang
2. Kunwoo Lee; Addison-Wesley, Reading, MA, "Principles of CAD/CAM/CAE Systems"; 1999, 582 pages, ISBN 0-201-38036-6, doi:10.1016/S0010-4485(99)00077-9
3. Daniel X. F., Luo S., Lee N. J., Jin F., "Virtual machining lab for knowledge learning and skills training", Computer App. in Eng. Education, vol 6, Issue 2 , Pg 89 – 97, John Wiley & Sons
3. European 7th Framework Program for Research, Project Marie Curie, International Research Staff Exchange Scheme (IRSES), Project: "Real-time adaptive networked control of rescue robots", FP7-PEOPLE-2012-IRSES, RABOT project, no. 318902, coord.: Prof. Hongnian YU, Bournemouth University, UK , partners: Prof. Luige Vladareanu, Romanian Academy, Prof. Gao, Shanghai Jiao Tong University, CN, Prof. Zeng-Guang Hou, Inst. of Automation Chinese Academy of Sciences, CN, Prof. Hong Bo Wang, Yanshan University, CN. , Staffordshire University,UK.
4. Materna, A. T., Vossler, R. A., Stepczyk, F. M., "Computer integration system", US Patent 4714995
5. Vladareanu L., Tont G., Vladareanu V., Smarandache F., Capitanu L., "The Navigation Mobile Robot Systems Using Bayesian Approach through the Virtual Projection Method", International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS 2012), Tokyo, Japan, , ISBN 978-1-4577-1690-10, doi by IEEE Conference, 2012, pp.228-233
6. S. van Noort and A. Visser, "Validation of the dynamics of an humanoid robot in USARSim", Proceedings of the Performance Metrics for Intelligent Systems Workshop (PerMIS'12), (Edited by Rajmohan Madhavan, Elena R. Messina and Brian A. Weiss), NIST Special Publication 1136, pp. 190-197, National Institute of Standards and Technology, November 2012.
7. Vladareanu L., Vladareanu V., Schiopu P., „Hybrid Force-Position Dynamic Control of the Robots Using Fuzzy Applications”, 3-th Edition of the IEEE/IACSIT International conference on Biomechanics, Neurorehabilitation, Mechanical Engineering, Manufacturing Systems, Robotics and Aerospace, ICMERA2012, Bucharest, 26-28 October 2012
8. A short overview on DSMT for Information Fusion, by J. Dezert and F. Smarandache, Proceedings of 10th International Conference on Fuzzy Theory and Technology (FT&T 2005), Salt Lake City, Utah, USA, July 21-26, 2005
9. Yang Liu, Hongnian Yu and Luige Vladareanu, An Iterative Learning Control Scheme for the Capsbot, UKACC International Conference on Control 2008, University of Manchester, UK, 2-4 September 2008
10. L.Vlădăreanu, I.Ion, A.Curaj, Șt.A.Dumitru, Dynamic Stability Improvement of Walking Robots, Field Robotics, Proceedings of the 14th International Conference on Climbing and Walking Robots, Paris, 2011, ISBN-13 978-981-4374-27-9, pp.742-749
11. Luige Vladareanu, Alexandru Gal, Hongnian Yu, Mingcong Deng, „ Robot control intelligent interfaces using the DSMT and the neutrosophic logic” International Journal of Advanced Mechatronic Systems, Volume 6, Issue 2-3, Print ISSN: 1756-8412, Online ISSN: 1756-8420, pg. 128-135, DOI: 10.1504/IJAMECHS.2015.070710 Publisher Inderscience Publishers (IEL), 2015




REVENDICARI

1. Metoda pentru dezvoltarea in mediul realitatii virtuale a interfetelor de control sisteme mecatronice caracterizata prin aceea ca in vederea imbunatatirii performantelor in controlul sistemelor mecatronice, al realizarii unui nivel ridicat de versatilitate si portabilitate, in prezenta **sistemului mecatronic fizic (SMF)** cu sistem de control propriu si structura mecanica proprie sau in **absenta structurii mecanice a sistemului mecatronic**, asigura proiectarea, testarea si experimentarea metodelor de control pe **un sistem de control mecatronic clasic (existent) (SCMC)**, fara a fi necesara modificarea structurii hardware a acestuia, prin parcurgerea urmatoarelor faze in dezvoltarea respectivului dispozitiv: (i) **realizarea unei interfete de modelare sistem mecatronic (IMSM)** prin modelarea matematica in mediul virtual a structurii mecanice propriie a sistemului mecatronic sau in absenta acesteia a structurii mecanice dorite a sistemului mecatronic, care include proiectul si reprezentare grafica in mediul virtual 3D a structurii mecanice, (ii) **realizarea unei interfete de simulare sistem mecatronic (ISSM)** prin integrarea interfetei de modelare sistem mecatronic (IMSM) din faza (i) intr-un program de simulare a miscarii sistemului mecatronic in mediul virtual 3D in care se asociaza structurii mecanice a sistemului mecatronic semnalele de masura pe axele de control, pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F , si semnalele de referinta pozitie X_R^P si forta X_R^F pentru a determina domeniul parametrilor de miscare pe axe, a fortelor in articulatii si a traiectoriilor elementelor finale (end-efector) ale sistemului mecatronic, (iii) **realizarea unui sistem de realitate virtuala (SRV)** prin integrarea interfetei de simulare sistem mecatronic (ISSM) obtinuta conform fazelor (i)-(ii) intr-un program de **realitate virtuala**, care simuleaza computerizat realitatea fizica a sistemului mecatronic, interactiunea cu mediul de miscare al sistemului mecatronic si genereaza semnalele de pozitie X_{tv}^P si de forta X_{tv}^F asociate traiectoriei virtuale de miscare al sistemului mecatronic rezultate din interactiunea cu mediu realitatii vitruual 3D, (iv) **realizarea unui sistem de control actuatoroare cu arhitectura deschisa (OAHA)** care integreaza **sistemul de control mecatronic clasic (SCMC)** in care generarea traiectoriei de miscare si a fortelor se face prin metode clasice de control cum ar fi metoda Denevit-Hartenberg, si permite controlul in timp real pe axele de control a **m servo-actuatoroare (MSA₁-MSA_m)** asociate atat articulatiilor sistemului mecatronic reprezentat grafic in **modulul de interfata de simulare sistem mecatronic ISSM** pentru simularea miscarii sistemului mecatronic in **mediul virtual 3D** cat si articulatiilor sistemului mecatronic cu reprezentarea grafica din **sistemului de realitate virtuala (SRV)** pentru simularea miscarii sistemului mecatronic in mediul de **realitate virtuala 3D**, (v) **realizarea unui sistem de control sarcina cu arhitectura deschisa (OAHS)** care permite controlul in timp real a sarcinii pe axele de control a structurii mecanice ca urmare a interactiunii sistemului mecatronic in mediu virtual 3D prin calcul matematic al greutatii componentelor lantului cinematic al sistemului mecatronic in functie de pozitia X_{ts}^P si forta X_{ts}^F din faza (ii) sau ca urmare a interactiunii sistemului mecatronic in mediu realitatii virtuale 3D, prin receptionarea cuplului de sarcina in functie de pozitia X_{tv}^P si forta X_{tv}^F generat in faza (iii), utilizand un numar de **m module actuatoroare de sarcina (MAS₁-MAS_m)** pe axele de control, cu rolul de sarcina a structurii mecanice a sistemului mecatronic, cu fiecare ax cuplat rigid de cele **m module servo-actuatoroare (MSA₁-MSA_m)** din faza (iv), (vi) **dezvoltarea sistemului de control actuatoroare cu arhitectura deschisa (OAHA)** din faza (iv) prin realizarea unor **interfete de control inteligent (ICI₁-ICI_n) versatile** pentru controlul extins hibrid forta-pozitie, control neutrosolic, interfata de retele neuronale, control robot haptic, (vii) **generarea referintelor de pozitie si forta, X_R^P , X_R^F** obtinute prin schimb de date cu **interfetele de control inteligent (ICI₁-ICI_n) versatile** din faza (vi), cu aplicarea unor decizii optime si fuziunii de informatii prin modelari matematice, cum ar fi metoda inferentei datelor, metoda fuzzy, metoda logicii neutosofice, in controlul miscari sistemului mecatronic, (viii) **faza de**




simulare si validare in mediu virtual a sistemului mecatronic realizata prin modelarea sistemului mecatronic in faza (i) care interactioneaza in mediul de miscare virtual 3D in interfata de simulare **sistem mecatronic (ISSM)** realizat din faza (ii), prin functionarea **sistemului de control actuator cu arhitectura deschisa (OAHA)** realizat in faza (iv) cu semnale de referinta pozitie X_R^P si forta X_R^F realizate in faza (vii), care are sarcina structurii mecanice pe axele de control ale sistemului mecatronic generata de **m module de actuator de sarcina (MAS₁-MAS_m)** din faza (v) si in care **interfete de control inteligent (ICI₁-ICI_n) versatile** dezvoltate in faza (vi) interactioneaza in generarea referintelor de pozitie X_R^P si forta X_R^F pe baza unor modelari matematice conform fazei (vii) si repetarea fazelor (i), (ii), (iv)-(viii) pana ce performantele in controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate prin analiza miscarii sistemului mecatronic din interfata de simulare in mediul virtual din faza (ii) intra in gama de erori dorita; (ix) **faza de simulare si validare in mediul realitatii virtual a sistemului mecatronic** realizata prin modelarea sistemului mecatronic in faza (i), cu interactiune in mediul realitatii virtuale din **sistemul de realitate virtuala (SRV)** realizat in faza (iii), functionarea **sistemului de control actuator cu arhitectura (OAHA)** realizat in faza (iv) cu semnale de referinta pozitie X_R^P si forta X_R^F de la **modulul de interfata de decizie si fuziune (IDF)** realizat in faza (vii), cu sarcina structurii mecanice pe axele de control ale sistemului mecatronic generata de **m module de actuator de sarcina (MAS₁-MAS_m)** din faza (v) si cu **interfete de control inteligent (ICI₁-ICI_n) versatile** dezvoltate in faza (vi) care interactioneaza in generarea referintelor de pozitie X_R^P si forta X_R^F pe baza unor modelari matematice conform fazei (vii), si repetarea fazelor (i), (iii)-(ix) pana ce performantele in controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate prin analiza miscarii sistemului mecatronic din interfata de simulare in mediul realitatii virtuale din faza (iii) intra in gama de erori dorita; (x) **faza de simulare si validare in cazul existentei unui sistem mecatronic fizic (SMF)** prin functionarea sistemului mecatronic cu structura mecanica virtuala 3D, dezvoltat in fazele (i)-(ix), in interactiune cu mediul virtual 3D cu semnalele de pozitie X_{iv}^P si forta X_{iv}^F din faza (iii) si semnale de referinta pozitie X_R^P si forta X_R^F din faza (vii) care utilizeaza **interfetele de control inteligent (ICI₁-ICI_n) versatile** din faza (vi), **in paralel si simultan cu un sistem mecatronic fizic (SMF)**, cu structura mecanica proprie, care interactioneaza cu un mediu real similar mediului virtual 3D din fazele (i)-(ix), cu repetarea fazelor (i)-(x) pana ce performantele in controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile intre miscarile de referinta si miscarile intra in gama de erori dorita; (xi) **faza de control de la distanta, in interiorul unei retele globale de comunicatii**, pentru un numar $f \cdot k$ utilizatori de la distanta, fiecare conectat la unu din cele $f \cdot k$ PC utilizatori (PCU₁₁-PCU_{nk}), unde k are valori de la 1-1.000 si f are valori intre 1-1.000.000, prin realizarea unor **p interfete de control de la distanta (ICD₁-ICD_p)** conectate la o retea de comunicatii la distanta (**I**) cum ar fi internet, multiplicat pe **p servere PC (PCS₁-PCS_p)**, p de la 1 la 1.000, asigura fiecarui **server PCS** controlul functionarii sistemului mecatronic de la distanta cu structura mecanica virtuala 3D in interactiune cu mediul virtual 3D, versatilitatea si portabilitatea **interfetelor de control inteligent (ICI₁-ICI_n) si interfetei de decizie si fuziune (IDF)** si posibilitatea repetarii fazelor (i)-(xi) de unul din cei $f \cdot k$ utilizatori pana ce performantele in controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate intra in gama de erori dorita.

2. Dispozitivul pentru dezvoltarea in mediul realitatii virtuale a interfetelor de control sisteme mecatronice caracterizata prin aceea ca in vederea imbunatatirii performantelor in controlul sistemelor mecatronice, este alcatuit **dintr-un modul de interfata de modelare sistem mecatronic (IMSM)** care realizeaza proiectarea si reprezentarea grafica in mediul virtual 3D a structurii mecanice a sistemului mecatronic, transmite la **modul de interfata simulare sisteme mecatronice (ISSM)** si la **sistemul de realitate virtuala (SRV)** proiectul




3D al sistemului mecatronic; **un modul de interfata de simulare sistem mecatronic (ISSM)** care genereaza numeric printr-o **magistrala locala de comunicatii (MLCOM)** semnalele de pozitie X_{ts}^P si forta X_{ts}^F asociate traiectoriei simulate de miscare ale sistemului mecatronic la **modulul de interfata de decizie si fuziune (IDF)** si la **modulul generator de sarcina (MGS)** si primeste **m** intrari semnale de masura pe axele de control, pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F , generate de **sistemul de control mecatronic clasic (SCMC)**, **m** semnalele de referinta X_R^P pozitie si forta X_R^F generate de un **modul de interfata de decizie si fuziune (IDF)**, respectiv proiectul 3D al sistemului mecatronic generat de **modul de interfata de modelare sistem mecatronic (IMSM)**), cu rolul de a realiza simularea miscarii sistemului mecatronic in mediul virtual 3D in functie de semnalele de intrare, printr-un program de simulare cu ajutorul calculatorului, in vederea analizei miscarii sistemului mecatronic, reglarii parametrilor de control pentru **sistemul de control actuator cu arhitectura deschisa (OAHA)** si al optimizarii legilor de control ale celor **n** **interfetelor de control inteligent (ICI₁-ICI_n)**; **un sistem de control clasic al sistemului mecatronic (OAHA)** care *primeste* de la **modulul de interfata de decizie si fuziune (IDF)** semnale de referinta pozitie X_R^P si forta X_R^F , de la **m traductoarele de masurare (TM1-TM_m)** un numar de **m** semnale de masura a pozitiei si fortei in articulatiile structurii mecanice a sistemului mecatronic, procesate intr-un numar de **m** semnale de pozitii actuale X_a^P si forte actuale X_a^F ale structurii mecanice a sistemului mecatronic, de la **modulul de interfata simulare a sistemului mecatronic (ISSM)** un numar de **m** semnalele de pozitie X_{ts}^P si forta X_{ts}^F pentru functionare in regim de simulare a sistemului mecatronic, de la **sistem de realitate virtuala (SRV)** un numar de **m** semnalele de pozitie X_{tv}^P si forta X_{tv}^F pentru functionare in mediul de realitate virtuala 3D si *transmite* **m** semnale de control in timp real la **m servo-actuator (MSA₁-MSA_m)**, respectiv **m** semnale de masura pe axele de control pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F la **interfata de simulare a structurii mecanice (ISSM)**, la **sistem de realitate virtuala (SRV)** si la **modulul de interfata de decizie si fuziune (IDF)**, *cu rolul de a valida* pe **sistemul de control mecatronic clasic (SCMC)** imbunatatirea performantelor de control in timp real al sistemului mecatronic reprezentat virtual, prin decizii optime si fuziunea informatiei intre **interfetele de control inteligent (ICI₁-ICI_n) versatile**; un numar de **m traductoarele de masurare (TM1-TM_m)**, montate pe **m module servo-actuator (MSA₁-MSA_m)**, transforma pozitiile pe cele **m** grade de libertate si fortele ale celor **m** articulatii ale robotului in semnale de masura, pe care le transmite la **sistemul de control clasic a sistemului mecatronic (SCMC)**, cu rolul de a masura valorile actuale de pozitie X_a^P si forta X_a^F ; **un numar de m module servo-actuator (MSA₁-MSA_m)** primesc semnale de control de la **sistemul de control clasic al sistemului mecatronic (SCMC)**, pe care sunt montate **m** module traductoare de masura (TM1-TM_m), sunt cuplate rigid cu **m module actuator de sarcina (MAS₁-MAS_m)**, pe care le actioneaza in faza de simulare a miscarii sistemului mecatronic si in faza de deplaseaza in mediul virtual 3D pentru validarea deciziilor optime si fuziunii de informatii intre **interfetele de control inteligent (ICI₁-ICI_n) versatile** in scopul imbunatatirii performantelor de control in timp real al sistemului mecatronic; **un modul generator de sarcina (MGS)** determina cuplul de sarcina prin calcul matematic al greutateii componentelor lantului cinematic al sistemului mecatronic raportat la pozitia X_{ts}^P si forta X_{ts}^F generate de **modul interfata de simulare sistem mecatronic (ISSM)**, asigurand controlul in timp real celor **m module actuator de sarcina (MAS₁-MAS_m)** si functionarea in sarcina a **m module servo-actuator (MSA₁-MSA_m)**; **un numar de m module actuator de sarcina (MAS₁-MAS_m)** cuplate rigid cu cele **m module servo-actuator (MSA₁-MSA_m)**, primesc semnale de control de la un **modul generator de sarcina (MGS)**, cu rolul de a asigura acestora functionarea in sarcina variabila in faza de simulare in mediu virtual 3D a sistemului mecatronic; **un sistem de realitate virtuala (SRV)** genereaza numeric semnalele de pozitie X_{tv}^P si forta X_{tv}^F , asociate traiectoriei virtuale de miscare al sistemului




mecatronic rezultate din interactiunea cu mediu realitatii virtual 3D, la **modulul de interfata de decizie si fuziune (IDF)** si la **modulul generator de sarcina (MGS)**, si *receptioneaza*, de la un **modul de interfata de decizie si fuziune (IDF)** un numar de m semnalele de referinta de pozitie X_R^P si forta X_R^F , de la **sistemul de control actuator cu arhitectura deschisa (OAHA)** un numar de m intrari semnale de masura pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F pentru reprezentare grafica si control in timp real in mediul realitatii virtuale 3D al sistemului mecatronic, respectiv proiectul 3D al structurii mecanice a sistemului mecatronic de la **modul de interfata de modelare sistem mecatronic (IMSM)**, prin **magistrala locala de comunicatii (MLCOM)**, cu rolul de simulare computerizat a realitatii fizice a sistemului mecatronic, prin interactiune cu mediul de miscare al sistemului mecatronic si determinare a domeniului parametrilor de miscare pe axe, a fortelor in articulatii, a traiectoriilor elementelor finale (end-efector), analizei miscarii si reglarii parametrilor de control pentru sistemul mecatronic; un **modul de interfata de decizie si fuziune (IDF)** genereaza numeric, printr-o **magistrala locala de comunicatii (MLCOM)**, referintele de pozitie X_R^P si forta X_R^F , la **modulul de interfata de simulare sistem mecatronic (ISSM)**, la **sistem de realitate virtuala (SRV)**, la **sistemul de control clasic al sistemului mecatronic (SCMC)** si *primeste* de la un **sistem de control actuator cu arhitectura deschisa (OAHA)** un numar de m intrari semnale de masura pozitie actuala X_a^P si forta actuala X_a^F , de la **interfata de simulare sistem mecatronic (ISSM)** semnalele de pozitie X_{ts}^P si forta X_{ts}^F , de la **sistemul de realitate virtuala (SRV)** semnalele de pozitie si forta X_{tv}^P si forta X_{tv}^F , cu rolul de a asigura controlul in timp real, controlul prioritatilor, decizii optime si fuziunea informatiei intre un numar de n **interfete de control inteligent (ICI₁-ICI_n)** prin modelari matematice, cum ar fi metoda inferentei datelor, metoda fuzzy, metoda logicii neutrosofice in controlul miscari sistemului mecatronic, versatilitatea interfetelor de control inteligente ale sistemului mecatronic virtual 3D si versatilitatea interfetelor de control inteligent ale mediului de miscare 3D al sistemului mecatronic; un **numar de n interfete de control inteligent (ICI₁-ICI_n) versatile care asigura dezvoltarea** a unui numar de n functii de control suplimentare fata de cele asigurate de **sistemul de control mecatronic clasic (SCMC)**, cu rolul de a permite implementarea diferitelor metode de control cum ar fi controlul extins hibrid forta-pozitie, control neutrosofic, interfata de retele neuronale, control robot haptic, *testarea* performantelor controlului sistemului mecatronic in mediul virtual 3D prin utilizarea **interfete de simulare sistem mecatronic (ISSM)** sau a **sistemului de realitate virtuala (SRV)**, validate in mediu real prin aplicarea lor pe **sistemul control actuator cu arhitectura deschisa (OAHA)**, care conduc la performantele imbunatatite in controlul sistemului; un **numar de p interfete de control de la distanta (ICD₁-ICD_p)**, *multiplificate* pe numar de p **servere PCS (PCS₁-PCS_p)**, p de la 1 la 1.000, *utilizeaza* **magistrala de control comunicatii (MCCOM)** pentru schimbul de date cu p **servere PCS (PCS₁-PCS_p)**, asigura unui numar de $f \cdot k$ utilizatori de la distanta, conectati **la internet**, *accesul* la resursele software ale **dispozitivului** realizat conform inventiei *in vederea* dezvoltarii a unor noi **interfetele de control inteligent (ICI₁-ICI_n) versatile si interfate de decizie si fuziune (IDF)** pentru testare, validare si utilizare pe propriul sistem mecatronic fizic cu imbunatatirea performantelor in controlul in timp real al sistemului mecatronic si posibilitatea portarii acestora pe propriul **PC utilizator (PCU₁₁-PCU_{nk})**, in care k are valori de la 1-1.000 si f are valori intre 1-1.000.000; un **numar de p servere PCS (PCS₁-PCS_p)**, care dispun de o capacitate mare de stocare si procesare, conectate printr-o **magistrala de comunicatii a serverului (MSCOM)** la o **retea globala de comunicatii (I)**, *utilizand* un sistem global de comunicatii cum ar fi internet, *faciliteaza* unui numar de $f \cdot k$ utilizatori de la distanta, conectati la $f \cdot k$ **PC utilizatori (PCU₁₁-PCU_{nk})** printr-o **magistrala de comunicatii la distanta (MDCOM₁ - MDCOM_f)**, *accesul* la resursele **dispozitivului** realizat conform inventiei printr-un numar de p **interfete de control de la distanta (ICD₁-ICD_p)**; un **numar de $f \cdot k$ PC utilizatori (PCU₁₁-PCU_{nk})** care contin fiecare



cate o aplicatie de acces de la distanta, in care utilizand facilitatile oferite de un numar de p **servere PCS** (PCS_1-PCS_p) prin intermediul celor p **interfete de control de la distanta** (ICD_1-ICD_p), permite fiecaruia dintre cei f^*k **utilizatori de la distanta**, conectat la o **retea globala de comunicatii (I)** printr-un sistem global de comunicatii cum ar fi internet, accesul la resursele software ale **dispozitivului realizat conform inventiei** in vederea dezvoltarii de la distanta a unor noi **interfetele de control inteligent** (ICI_1-ICI_n) **versatile** si **interfete de decizie si fuziune (IDF)** cu performante imbunatatite in controlul in timp real ale sistemului mecatronic pe propriul **PC utilizator** ($PCU_{11}-PCU_n$).

3. Dispozitivul pentru dezvoltarea in mediul realitatii virtuale a interfetelor de control sisteme mecatronice caracterizata prin aceea ca in vederea imbunatatirii performantelor in controlul sistemelor mecatronice, este alcatuit conform dispozitivului din revendicarea 2 in care **modulul generator de sarcina (MGS)** primeste cuplul de sarcina in functie de pozitia X_{tv}^P si forta X_{tv}^F generat de **sistemul de realitate virtuala (SRV)** ca urmare a interactiunii sistemului mecatronic in mediul realitatii virtual 3D, asigurand controlul in timp real celor m **module actuator de sarcina** (MAS_1-MAS_m) si functionarea in sarcina a m **module servo-actuator de sarcina** (MSA_1-MSA_m).

4. Dispozitivul pentru dezvoltarea in mediul realitatii virtuale a interfetelor de control sisteme mecatronice caracterizata prin aceea ca in vederea imbunatatirii performantelor in controlul sistemelor mecatronice, este alcatuit conform dispozitivului din revendicarea 2 sau revendicarea 3 in care **sistemul de control clasic al sistemului mecatronic (OAHA)** are rolul de a valida pe **sistemul de control mecatronic clasic (SCMC)** si pe **sistemul mecatronic fizic (SMF)** imbunatatirea performantelor de control in timp real al sistemului mecatronic reprezentat virtual, prin decizii optime si fuziunii de informatii intre **interfetele de control inteligent** (ICI_1-ICI_n) **versatile**; **modul de interfata de decizie si fuziune (IDF)** care **genereaza** numeric, printr-o **magistrala locala de comunicatii (MLCOM)**, referintele de pozitie X_R^P si forta X_R^F , rezultate dupa procesarea legilor de control inteligent la **modulul de interfata de simulare sistem mecatronic (ISSM)**, la **sistem de realitate virtuala (SRV)** pentru controlul miscarii structurii mecanice a sistemului mecatronic in mediul realitatii virtuale 3D, la **sistemul de control clasic al sistemului mecatronic (SCMC)** si la **sistem mecatronic fizic (SMF)**; un numar de n **interfete de control inteligent** (ICI_1-ICI_n) **versatile validate** in mediu real prin aplicare lor pe **sistemul control actuator cu arhitectura deschisa (OAHA)** si pe un **sistem mecatronic fizic (SMF)**; un **sistem mecatronic fizic (SMF)**, **primeste** printr-o **magistrala locala de comunicatii (MLCOM)** semnale de referinta pozitie si forta, X_R^P , X_R^F , de la modulul de **interfata de decizie si fuziune (IDF)**, **cu rolul de a functiona in paralel si simultan** cu sistemul mecatronic virtual din **sistemul de realitate virtuala (SRV)** si **posibilitatea de a incarca in programul propriu de executie interfetele de control inteligent** (ICI_1-ICI_n) **versatile** si **modulul de interfata de decizie si fuziune (IDF)**, **avand ca scop** imbunatatirea performantelor in controlul **sistemului mecatronic** prin repetarea experimentarilor astfel ca erorile intre miscarile de referinta si miscarile rezultate prin analiza miscarii sistemului mecatronic intra in gama de erori dorita; un **numar de p interfete de control de la distanta** (ICD_1-ICD_p) asigura unui numar de f^*k **utilizatori de la distanta**, conectati la **internet** accesul la resursele software ale **dispozitivului realizat conform inventiei**, care constau in **interfata de modelare sistem mecatronic (IMSM)**, **interfata de simulare sistem mecatronic (ISSM)**, **sistemul de control actuator cu arhitectura** (**OAHA**), **sistemul de control sarcina cu arhitectura deschisa (OAHS)**, **sistemul de realitate virtuala (SRV)**, **sistemul mecatronic fizic (SMF)**.



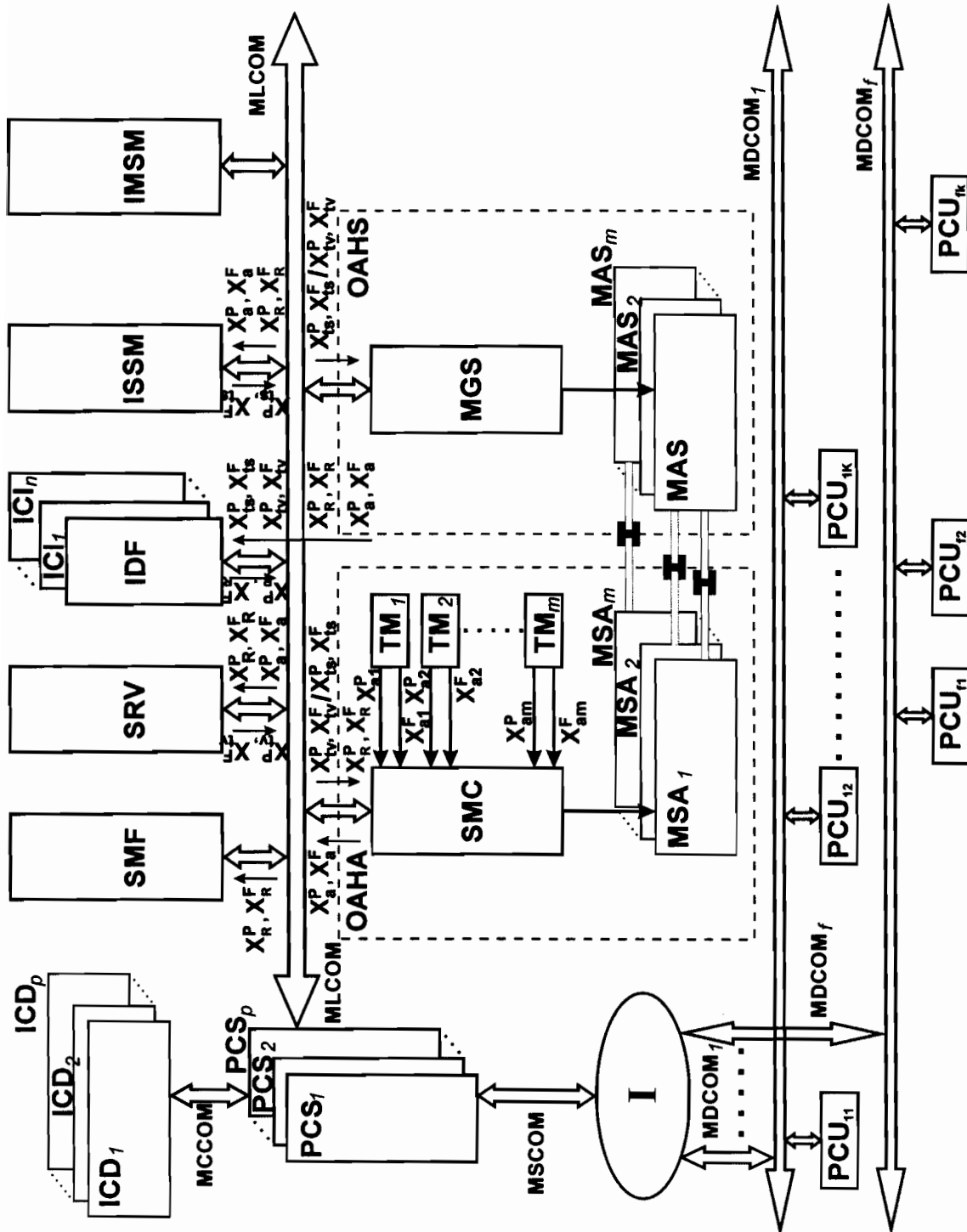


Figura 1



[Handwritten signature]

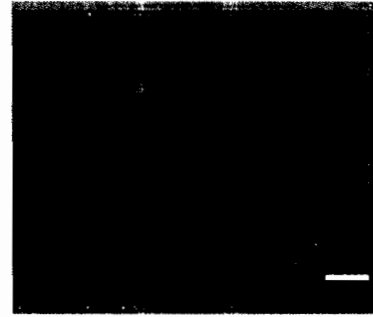
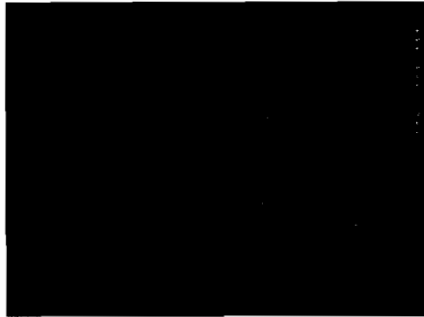


Fig. 2a si 2b. Platform modelarea 3D system mecatronic

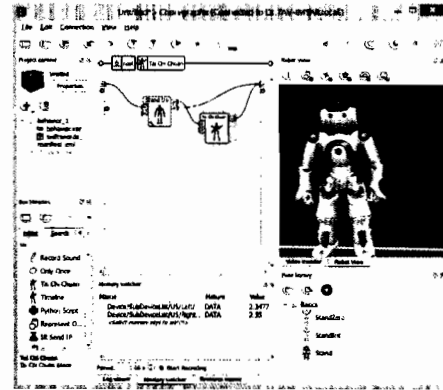
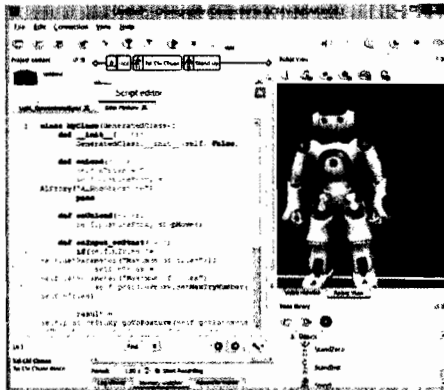


Fig. 3a si 3b. Platforma simulare 3D sistem mecatronic

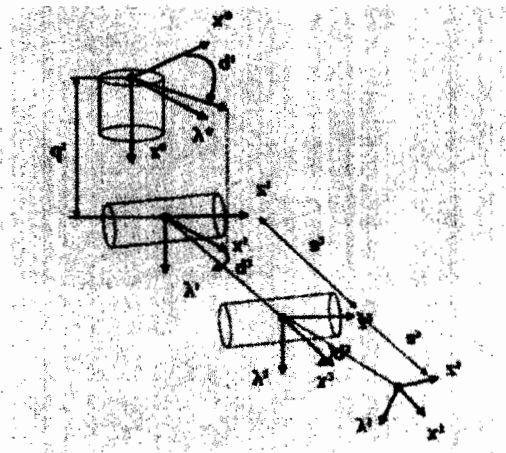


Fig. 4. Control sistem pe lant cinematic 3 DOF

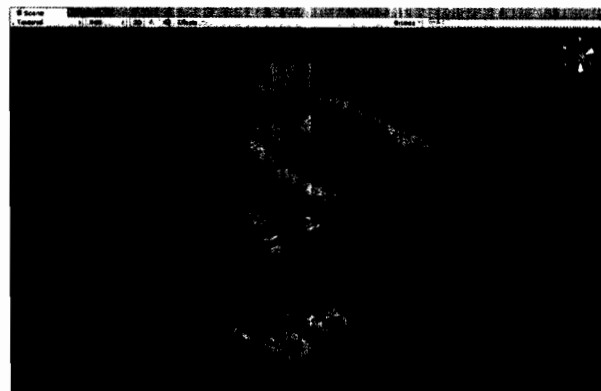


Fig. 5. Sistem de realitate virtuala in Unity 3D

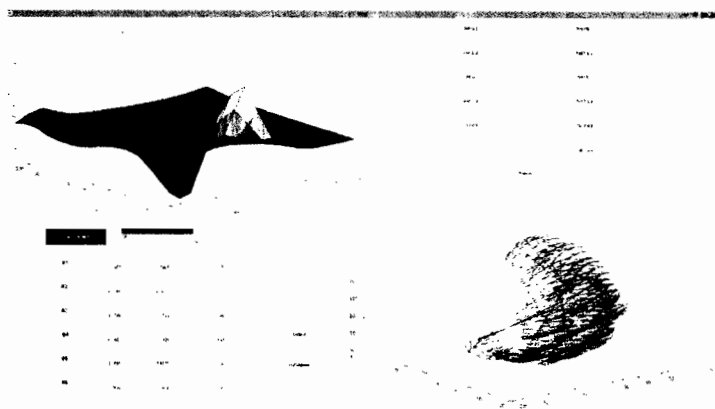
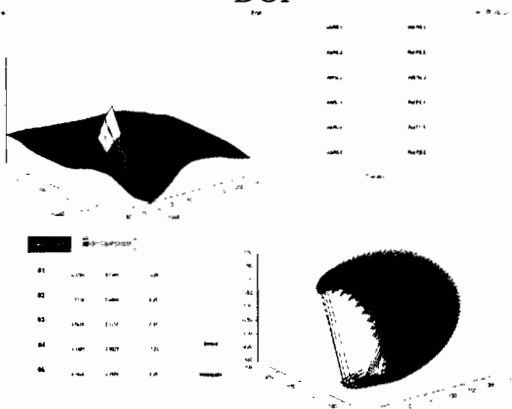


Fig. 6a si 6b. Interfata grafica (GUI) pentru controlul inteligent cu rețele neuronale