



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2016 00174**

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

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/05/2023** BOPI nr. **5/2023**

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

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

(72) Inventatori:
• **VLĂDĂREANU 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;*
• **VLĂDĂREANU 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 MIHAIELA,**
*STR. ION MIHALACHE NR.45C, ET.2,
AP.57, BUCUREȘTI, B, RO;*

• **MELINTE 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*

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**RO 123527 A1; VICTOR VLĂDĂREANU,
RADU I. MUNTEANU, ALI MUMTAZ,
FLORENTIN SMĂRÂNDACHE, LUIGE
VLĂDĂREANU, "THE OPTIMIZATION OF
INTELLIGENT CONTROL INTERFACES
USING VERSATILE INTELLIGENT
PORTABLE ROBOT PLATFORM",
PROCEDIA COMPUTER SCIENCE,
VOL. 65, PP. 225-232, 2015; VICTOR
VLĂDĂREANU, IOAN DUMITRACHE,
LUIGE VLĂDĂREANU, IOAN ȘTEFAN,
GABRIELA TON, MIHNEA ALEXANDRU
MOISESCU, "VERSATILE INTELLIGENT
PORTABLE ROBOT CONTROL PLATFORM
BASED ON CYBER PHYSICAL SYSTEMS
PRINCIPLES", INSTITUTE OF SOLID
MECHANICS OF THE ROMANIAN
ACADEMY, 2015**

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



RO 131524 B1

1 Invenția se referă la o metodă și un dispozitiv complex pentru dezvoltarea în mediul
virtual și în mediul realității virtuale a unor interfețe de control versatile, inteligente și
3 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
5 orientării sistemelor mecatronice pe axele de control, cu aplicații în realizarea de sisteme de
control pentru roboți, nano/micro/macro manipolatoare și sisteme mecatronice.

7 Roboții de control în timp real și, în general, sistemele mecatronice cu capabilități de
operatori umani joacă un rol de importanță crescută în medii și zone de hazard sau
9 provocatoare pentru viețile oamenilor expuși la riscuri mari. Cercetări enorme în dezvoltarea
interfețelor inteligente de control au condus la diferite tipuri de sisteme mecatronice cu
11 capacitate de sesizare, transport și manipulare pentru numeroase aplicații. Dezvoltarea
interfețelor de control inteligente, versatile și portabile, pentru sisteme mecatronice care pot
13 sprijini oamenii în efectuarea de operații de căutare și salvare în mediul contaminat nuclear,
incendii sau zone calamitate, după cutremure și în general în medii nediferențiate și
15 nestructurate, a devenit o urgență și reprezintă o sarcină complexă. În acest context, simu-
larea sistemelor mecatronice este esențială în dezvoltarea algoritmilor de control și percepție
17 pentru aplicații. Un simulator 3D al roboților mobili trebuie să reprezinte corect dinamica
acestora și a obiectelor din mediu, permițând astfel o evaluare corectă a comportamentului
19 roboților. Mai mult, simularea în timp real este importantă pentru a modela corect interac-
țiunile între sistemele mecatronice, respectiv între sistemul mecatronic și mediu, acuratețea
21 simulărilor necesitând putere de calcul mare în vederea obținerii unor performanțe redicate
în timp real. Pentru a studia mișcarea și comportamentul acestora în diferite condiții de lucru,
23 trebuie realizat sistemul mecatronic și creat mediul în care acest sistem va trebui să
acționeze, ceea ce implică anumite costuri. Cu cât situațiile în care sistemul robotic trebuie
25 testat sunt mai multe, cu atât suma investită în proiectare, simulare, experimentare și
validare crește. Programele de proiectare CAD ajută la modelarea și proiectarea virtuală a
27 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
29 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
31 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
33 funcționa produsul în condiții reale. În urma acestor analize se pot genera rapoarte și
vizualizări ale rezultatelor pentru verificări ulterioare prin determinări matematice. FreeCAD
35 este un program de modelare parametrică CAD 3D. FreeCAD este creat special pentru
inginerie mecanică și proiectare de produs. Caracteristicile FreeCAD sunt similare cu cele
37 ale Catia, SolidWorks sau Solid Edge și prin urmare poate fi inclus în categoriile MCAD,
PLM, CAx și CAW. Este un program de modelare parametrică bazat pe caracteristici cu o
39 arhitectură software modulară ce facilitează introducerea de noi funcționalități fără a modifica
sistemul central. Altă metodă dezvoltată în ultimul timp este metoda proiecției virtuale,
41 cunoscută ca metodă Vladareanu-Munteanu, care permite proiectarea, testarea și experi-
mentarea metodelor de control pe un sistem de control mecatronic clasic (existent), cu
43 funcționare on-line, în absența structurii mecanice, fără a fi necesară modificarea structurii
de comandă și control hardware a robotului. Această metodă asigură versatilitatea inter-
45 fețelor de control numai pentru sistemul de control dezvoltat prin proiecție virtuală, în absența
structurii mecanice, nu și pentru sistemele mecatronice fizice.

RO 131524 B1

Dezavantajele acestor metode și soluții tehnice, cu referire la primele sisteme prezentate, constau în principal, în faptul, că dezvoltarea interfețelor de control se realizează prin modelarea întregului sistem mecatronic, inclusiv a sistemului de control mecatronic clasic, utilizând modele matematice virtuale ale structurii mecanice și ale sistemului de control, care conțin numai o parte din parametrii acestuia, fără a se ține cont de corelația între ei și influența altor semnale de intrare sau semnale perturbatoare care apar în sistemul real de control. Acestea conduc la reducerea drastică a performanțelor după implementarea în sistemul de control real. Astfel, aceste erori importante datorate modelărilor prin utilizarea unor platforme cunoscute pe plan mondial cum ar fi CAD, CAM, CAE, LabView, Simulink, Webot, USARSIM, Unity 3D, V-REP fără aplicarea simulărilor, testărilor și experimentărilor în timp real pe sistemul de control mecatronic clasic sau pe sistemul mecatronic fizic corelat cu simulări în mediul virtual sau al realității virtuale a structurii mecanice în dezvoltarea interfețelor de control inteligent, interfețelor de decizie și fuziune, implică necesitatea unor noi simulări, testări și modificări ale interfețelor de control inteligent.

În cazul metodei proiecției virtuale utilizarea sistemului mecatronic virtual și al generării sarcinilor pe axele de control fără interacțiune cu mediul realității virtuale 3D, imposibilitatea funcționării sistemului mecatronic fizic, dacă există sau după ce a fost realizat, în paralel și simultan cu sistemul mecatronic virtual proiectat, lipsa portabilității interfețelor de control inteligent într-un sistem global de comunicații, sunt de asemenea dezavantaje care conduc la reducerea performanțelor în controlul sistemelor mecatronic și al profitabilității comerciale.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în aceea că permite dezvoltarea în mediul realității virtuale a interfețelor de control sisteme mecatronice pe un sistem de control mecatronic clasic (existent) și/sau pe sistemul mecatronic fizic, fără a fi necesară modificarea structurii hardware a acestuia, cu îmbunătățirea performanțelor de control a sistemului mecatronic în timp real reprezentat virtual în mediul realității virtuale prin decizii optime și fuziunea informației între interfețele de control inteligent, cu realizarea unui nivel ridicat de versatilitate și portabilitate a dispozitivului într-o rețea globală de comunicații.

1. Metoda conform invenției înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că în scopul îmbunătățirii performanțelor în controlul sistemelor mecatronice, al realizării unui nivel ridicat de versatilitate și portabilitate a dispozitivului, în prezența sau în absența structurii mecanice a sistemului mecatronic fizic, asigură proiectarea, testarea și experimentarea metodelor de control pe un sistem de control mecatronic clasic (existent), fără a fi necesară modificarea structurii hardware a acestuia, prin parcurgerea următoarelor faze în dezvoltarea respectivului dispozitiv:

(i) realizarea unei interfețe de modelare sistem mecatronic prin modelarea matematică în mediul virtual a structurii mecanice proprie a sistemului mecatronic sau în absența acesteia a structurii mecanice dorite a sistemului mecatronic, care include proiectul și reprezentarea grafică în mediul virtual 3D a structurii mecanice;

(ii) realizarea unei interfețe de simulare sistem mecatronic ISSM prin integrarea interfeței de modelare sistem mecatronic IMSM din faza (i) într-un program de simulare a mișcării sistemului mecatronic în mediul virtual 3D, în care se asociază structurii mecanice a sistemului mecatronic semnalele de măsură pe axele de control, poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F și semnalele de referință poziție X_R^P și forța X_R^F pentru a determina domeniul parametrilor de mișcare pe axe, a forțelor în articulații și a traiectoriilor elementelor finale (end-efector) ale sistemului mecatronic;

RO 131524 B1

1 (iii) realizarea unui sistem de realitate virtuală SRV prin integrarea interfeței de
simulare sistem mecatronic ISSM, obținută conform fazelor (i)-(ii), într-un program de
3 realitate virtuală 3D, care simulează, computerizat, realitatea fizică a sistemului mecatronic,
interacțiunea cu mediu de mișcare al sistemului mecatronic și generează semnalele de
5 poziție X_{tv}^P și de forță X_{tv}^F asociate traiectoriei virtuale de mișcare al sistemului mecatronic
rezultate din interacțiunea cu mediu realității virtual 3D;

7 (iv) realizarea unui sistem de control actuator cu arhitectura deschisă OAHA care
integrează sistemul de control mecatronic clasic SCMC, în care generarea traiectoriei de
9 mișcare și a forțelor se face prin metode clasice de control cum ar fi metoda Denevit-
Hartenberg și care permite controlul în timp real pe axele de control a m servo-actuator
11 MSA_1 - MSA_m asociate atât articulațiilor sistemului mecatronic reprezentat grafic în modulul
de interfața de simulare sistem mecatronic ISSM pentru simularea mișcării sistemului
13 mecatronic în mediul virtual 3D cât și articulațiilor sistemului mecatronic cu reprezentarea
grafică din sistemul de realitate virtuală SRV pentru simularea mișcării sistemului mecatronic
15 în mediul de realitate virtuală 3D;

(v) realizarea unui sistem de control sarcină cu arhitectură deschisă OAHS care
17 permite printr-un modul generator de sarcină MGS controlul în timp real a sarcinii pe axele
de control a structurii mecanice ca urmare a interacțiunii sistemului mecatronic în mediul
19 virtual 3D prin calcul matematic al greutateii componentelor lanțului cinematic al sistemului
mecatronic în funcție de poziția X_{ts}^P și forța X_{ts}^F din faza (ii) sau ca urmare a interacțiunii
21 sistemului mecatronic în mediul realității virtuale 3D, prin recepționarea cuplului de sarcină
în funcție de poziția X_{tv}^P și forța X_{tv}^F generat în faza (iii), utilizând un număr de m module
23 actuator de sarcină MAS_1 - MAS_m pe axele de control, cu rolul de sarcină a structurii
mecanice a sistemului mecatronic reprezentat grafic, cu fiecare ax cuplat rigid de cele m
25 module servo-actuator MSA_1 - MSA_m din faza (iv);

(vi) dezvoltarea sistemului de control actuator cu arhitectura deschisă OAHA din
27 faza (iv) prin realizarea unor interfețe de control inteligent ICI_1 - ICI_n versatile pentru controlul
extins hibrid forța-poziție, control neutrosolic, interfața de rețele neuronale, control robot
29 haptic;

(vii) generarea referințelor de poziție și forță, X_R^P , X_R^F , de către un modul de interfață
31 de decizie și fuziune IDF, obținute prin schimb de date cu interfețele de control inteligent ICI_1 -
 ICI_n versatile din faza (vi), cu aplicarea unor decizii optime și fuziunii de informații prin
33 modelări matematice, cum ar fi metoda inferenței datelor, metoda fuzzy, metoda logicii
neutrosolice, în controlul mișcării sistemului mecatronic;

(viii) faza de simulare și validare în mediul virtual a sistemului mecatronic realizată
35 prin modelarea sistemului mecatronic în faza (i) care interacționează în mediul de mișcare
virtual 3D în interfața de simulare sistem mecatronic ISSM realizat din faza (ii), prin
37 funcționarea sistemului de control actuator cu arhitectura deschisă OAHA realizat în faza
(iv) cu semnale de referință poziție X_R^P și forța X_R^F realizate în faza (vii), care are sarcina
39 structurii mecanice pe axele de control ale sistemului mecatronic generată de m module de
actuator de sarcină MAS_1 - MAS_m din faza (v) și în care interfețe de control inteligent ICI_1 -
41 ICI_n versatile dezvoltate în faza (vi) interacționează în generarea referințelor de poziție X_R^P
și forța X_R^F pe baza unor modelări matematice conform fazei (vii) și repetarea fazelor (i), (ii),
43 (iv)-(viii) până ce performanțele în controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile între
mișcările de referință și mișcările rezultate prin analiza mișcării sistemului mecatronic din
45 interfața de simulare în mediul virtual din faza (ii) intră în gama de erori dorită;

RO 131524 B1

(ix) faza de simulare și validare în mediul realității virtual a sistemului mecatronic realizată prin modelarea sistemului mecatronic în faza (i) care interacționează în mediul realității virtuale 3D în sistemul de realitate virtuală SRV din faza (iii), prin funcționarea sistemului de control actuatori cu arhitectura OAHA realizat în faza (iv) cu semnale de referință poziție X_R^P și forță X_R^F realizate în faza (vii), care are sarcina structurii mecanice pe axele de control ale sistemului mecatronic generată de m module de actuatori de sarcină MAS_1-MAS_m din faza (v) și în/care interfețe de control inteligent ICI_1-ICI_n versatile dezvoltate în faza (vi) interacționează în generarea referințelor de poziție X_R^P și forță X_R^F pe baza unor modelări matematice conform fazei (vii), și repetarea fazelor (i), (iii)-(ix) până ce performanțele în controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile între mișcările de referință și mișcările rezultate prin analiza mișcării sistemului mecatronic din interfața de simulare în mediul realității virtuale din faza (iii) intră în gama de erori dorită;

(x) faza de simulare și validare în cazul existenței unui sistem mecatronic fizic SMF prin funcționarea sistemului mecatronic cu structura mecanică virtuală 3D, dezvoltat în fazele (i)-(ix), în interacțiune cu mediul virtual 3D cu semnalele de poziție X_v^P și forță X_v^F din faza (iii) și semnale de referință poziție X_R^P și forță X_R^F din faza (vii) care utilizează interfețele de control inteligent ICI_1-ICI_n versatile din faza (vi), în paralel și simultan cu un sistem mecatronic fizic SMF, cu structură mecanică proprie, care interacționează cu un mediu real similar mediului virtual 3D din fazele (i)-(ix), cu repetarea fazelor (i)-(x) până ce performanțele în controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile între mișcările de referință și mișcările rezultate prin analiza mișcării sistemului mecatronic din interfața de simulare sistem mecatronic ISSM din faza (ii), a mișcării sistemului mecatronic din sistemul de realitate virtuală SRV din faza (iii) și a mișcării sistemului mecatronic fizic SMF din faza (x) intră în gama de erori dorită;

(xi) faza de control de la distanță, în interiorul unei rețele globale de comunicații, pentru un număr $f \cdot k$ utilizatori de la distanță, fiecare conectat la unu din cele $f \cdot k$ PC utilizatori $PCU_{11}-PCU_{fk}$, unde k are valori de la 1-1000 și/are valori între 1-1000000, prin realizarea unor p interfețe de control de la distanță ICD_1-ICD_p conectate la o rețea de comunicații la distanță l cum ar fi internet, multiplicat pe p servere PCS PCS_1-PCS_p , p de la 1 la 1000, asigură fiecărui server PCS, având alocate dinamic $f \cdot k/p$ PC utilizatori, controlul funcționării de la distanță a sistemului mecatronic cu structura mecanică virtuală 3D în interacțiune cu mediul virtual 3D, versatilitatea și portabilitatea interfețelor de control inteligent ICI_1-ICI_n și interfeței de decizie și fuziune IDF și posibilitatea repetării fazelor (i)-(xi) de unul din cei $f \cdot k$ utilizatori până ce performanțele în controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile între mișcările de referință și mișcările rezultate prin analiza mișcării sistemului mecatronic din interfața de simulare sistem mecatronic ISSM din faza (ii), a mișcării sistemului mecatronic din sistem de realitate virtuală SRV din faza (iii) și a mișcării sistemului mecatronic fizic SMF cu structura mecanică proprie din faza (x), intră în gama de erori dorită.

2. Dispozitivul conform invenției înlătură dezavantajele menționate prin aceea că este alcătuit dintr-un modul de interfață de modelare sistem mecatronic IMSSM care realizează proiectarea și reprezentarea grafică în mediul virtual 3D a structurii mecanice a sistemului mecatronic și transmite proiectul 3D al sistemului mecatronic la modulul de interfață simulare sisteme mecatronice ISSM și la sistemul de realitate virtuală SRV; un modul de interfață de simulare sistem mecatronic ISSM care generează numeric printr-o magistrală locală de comunicații MLCOM semnalele de poziție X_{ts}^P și forță X_{ts}^F asociate traiectoriei simulate de mișcare ale sistemului mecatronic la modulul de interfață de decizie și fuziune IDF și la modulul generator de sarcină MGS și primește m intrări semnale de măsură pe axele de

RO 131524 B1

1 control, poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F , generate de sistemul de control mecatronic
2 clasic SCMC, m semnalele de referință X_R^P poziție și forța X_R^F generate de un modul de
3 interfață de decizie și fuziune IDF, respectiv proiectul 3D al sistemului mecatronic generat
4 de modul de interfața de modelare sistem mecatronic IMSM, cu rolul de a realiza simularea
5 mișcării sistemului mecatronic în mediul virtual 3D în funcție de semnalele de intrare, printr-
6 un program de simulare cu ajutorul calculatorului CAD, în vederea analizei mișcării siste-
7 mului mecatronic, reglării parametrilor de control pentru sistemul de control actuator cu
8 arhitectura deschisă O AH A și al optimizării legilor de control ale celor n interfețelor de
9 control inteligent ICI₁-ICI_n; un sistem de control clasic al sistemului mecatronic OAHA care
10 primește de la modulul de interfață de decizie și fuziune IDF semnale de referință poziție X_R^P
11 și forța X_R^F , de la m traductoarele de măsurare TM1-TM_m un număr de m semnale de
12 măsură a poziției și forței în articulațiile structurii mecanice a sistemului mecatronic, proce-
13 sate într-un număr de m semnale de poziții actuale X_a^P și forte actuale X_a^F ale structurii
14 mecanice a sistemului mecatronic, de la modulul de interfață simulare a sistemului meca-
15 tronic ISSM un număr de m semnalele de poziție X_{ts}^P și forța X_{ts}^F pentru funcționare în regim
16 de simulare a sistemului mecatronic, de la sistem de realitate virtuală SRV un număr de m
17 semnalele de poziție X_{tv}^P și forța X_{tv}^F pentru funcționare în mediul de realitate virtuală 3D și
18 transmite m semnale de control în timp real la m servo-actuatori MSA₁-MSA_m, respectiv m
19 semnale de măsură pe axele de control poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F la interfața de
20 simulare sistem mecatronic ISSM, la sistem de realitate virtuală SRV și la modulul de
21 interfață de decizie și fuziune IDF, cu rolul de a valida pe sistemul de control mecatronic
22 clasic SCMC și sistemul mecatronic fizic SMF îmbunătățirea performanțelor de control în
23 timp real al sistemului mecatronic reprezentat virtual, prin decizii optime și fuziunea
24 informației între interfețele de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile; un număr de m
25 traductoarele de măsurare TM1-TM_m, montate pe m module servo-actuatori MSA₁-MSA_m,
26 transformă pozițiile pe cele m grade de libertate și forțele celor m articulații ale robotului în
27 semnale de măsură, pe care le transmite la sistemul de control clasic a sistemului
28 mecatronic SCMC, cu rolul de a măsura valorile actuale de poziție X_a^P și forța X_a^F ; un număr
29 de m module servo-actuatori MSA₁-MSA_m pe care sunt montate m module traductoare de
30 măsură TM1-TM_m, primesc semnale de control de la sistemul de control clasic al sistemului
31 mecatronic SCMC, sunt cuplate rigid cu m module actuator de sarcină MAS₁-MAS_m pe
32 care le acționează în faza de simulare a mișcării sistemului mecatronic și în faza de
33 deplasare în mediul virtual 3D pentru validarea deciziilor optime și fuziunii de informații între
34 interfețele de control inteligent ICI₁-ICI_n versatile în scopul îmbunătățirii performanțelor de
35 control în timp real al sistemului mecatronic; un modul generator de sarcină MGS primește
36 cuplul de sarcină în funcție de poziția X_{ts}^P și forța X_{ts}^F asociate traiectoriei virtuale de mișcare
37 a sistemului mecatronic generat de sistemul de realitate virtuală SRV ca urmare a
38 interacțiunii sistemului mecatronic în mediul realității virtual 3D sau, în funcție de faza de
39 simulare conform metodei invenției, determină cuplul de sarcină prin calcul matematic al
40 greutatei componentelor lanțului cinematic al sistemului mecatronic raportat la poziția X_{ts}^P și
41 forța X_{ts}^F generate de modul interfața de simulare sistem mecatronic ISSM, asigurând
42 controlul în timp real celor m module actuator de sarcină MAS₁-MAS_m și funcționarea în
43 sarcină a m module servo-actuatori MSA₁-MSA_m; un număr de m module actuator de
44 sarcină MAS₁-MAS_m cuplate rigid cu cele m module servo-actuatori MSA₁-MSA_m, primesc
45 semnale de control de la un modul generator de sarcină MGS, cu rolul de a asigura acestora
46 funcționarea în sarcină variabilă în faza de simulare în mediu virtual 3D a sistemului
47 mecatronic; un sistem de realitate virtuală SRV generează numeric semnalele de poziție X_{tv}^P
și forța X_{tv}^F , asociate traiectoriei virtuale de mișcare al sistemului mecatronic rezultate din

RO 131524 B1

interacțiunea cu mediu realității virtual 3D, la modulul de interfață de decizie și fuziune IDF 1
și la modulul generator de sarcină MGS, și recepționează, de la un modul de interfață de
decizie și fuziune IDF un număr de m semnalele de referință de poziție X_R^P și forța X_R^F , de 3
la sistemul de control actuator cu arhitectură deschisă OAHA un număr de m intrări
semnale de măsură poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F pentru reprezentare grafică și 5
control în timp real în mediul realității virtuale 3D al sistemului mecatronic, respectiv
proiectului 3D al structurii mecanice a sistemului mecatronic de la modul de interfața de 7
modelare sistem mecatronic IMSSM, prin magistrala locală de comunicații MLCOM, cu rolul
de simulare computerizat a realității fizice a sistemului mecatronic, prin interacțiune cu mediu 9
de mișcare al sistemului mecatronic, și determinarea domeniului parametrilor de mișcare pe
axe, a forțelor în articulații, a traiectoriilor elementelor finale (end-efector), analizei mișcării 11
și reglării parametrilor de control pentru sistemul mecatronic; un modul de interfață de decizie
și fuziune IDF generează numeric pentru controlul mișcării structurii mecanice a sistemului 13
mecatronic în mediul realității virtuale 3D, printr-o magistrală locală de comunicații MLCOM,
referințele de poziție X_R^P și forța X_R^F la modulul de interfață de simulare sistem mecatronic 15
ISSM, la sistem de realitate virtuală SRV la sistemul de control clasic al sistemului
mecatronic SCMC și la sistem mecatronic fizic SMF și primește de la un sistem de control 17
actuator cu arhitectura deschisă OAHA un număr de m intrări semnale de măsură poziție
actuală X_a^P și forța actuală X_a^F , de la interfața de simulare sistem mecatronic ISSM 19
semnalele de poziție X_{ts}^P și forța X_{ts}^F , de la sistemul de realitate virtuală SRV semnalele de
poziție și forță X_{tv}^P și forța X_{tv}^F , cu rolul de a asigura controlul în timp real, controlul priori- 21
tăților, decizii optime și fuziunea informației între un număr de n interfețe de control inteligent
 ICI_1 - ICI_n prin modelări matematice, cum ar fi metoda inferenței datelor, metoda fuzzy, metoda 23
logicii neutrosofice în controlul mișcării sistemului mecatronic, versatilitatea interfețelor de
control inteligent de ale sistemului mecatronic virtual 3D și versatilitatea interfețelor de control 25
inteligent de a mediului de mișcare 3D al sistemului mecatronic; un număr de n interfețe de
control inteligent ICI_1 - ICI_n versatile care asigură dezvoltarea a unui număr de n funcții de 27
control suplimentare față 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 29
hibrid forță-poziție, control neutrosofic, interfața de rețele neuronale, control robot haptic,
testarea performanțelor controlului sistemului mecatronic în mediul virtual 3D prin utilizarea 31
interfețe de simulare sistem mecatronic ISSM sau a sistemului de realitate virtuală SRV,
validate în mediul real prin aplicarea lor pe sistemul control actuator cu arhitectura 33
deschisă OAHA sau pe un sistem mecatronic fizic SMF, care conduc la performanțele
îmbunătățite în controlul sistemului mecatronic prin repetarea experimentărilor astfel că 35
erorile între mișcările de referință și mișcările rezultate prin analiza mișcării sistemului
mecatronic intră în gama de erori dorită; un sistem mecatronic fizic SMF, primește printr-o 37
magistrală locală de comunicații MLCOM semnale de referință poziție și forță, X_R^P , X_R^F , de
la modulul de interfață de decizie și fuziune IDF, cu rolul de a funcționa în paralel și simultan 39
cu sistemul mecatronic virtual din sistemul de realitate virtuală SRV și are posibilitatea de a
încărca în programul propriu de execuție interfețele de control inteligent ICI_1 - ICI_n versatile și 41
modulul de interfață de decizie și fuziune IDF, având ca scop îmbunătățirea performanțelor
în controlul sistemului mecatronic prin repetarea experimentărilor astfel că erorile între 43
mișcările de referință și mișcările rezultate prin analiza mișcării sistemului mecatronic intră
în gama de erori dorită; un număr de p interfețe de control de la distanță ICD_1 - ICD_p , 45
multiplicate pe număr de p servere PCS PCS_1 - PCS_p , p de la 1 la 1000, utilizează magistrala
de control comunicații MCCOM pentru schimbul de date cu p servere PCS PCS_1 - PCS_p , 47
asigură unui număr de $f*k$ utilizatori de la distanță, conectați la internet, accesul la

RO 131524 B1

1 resursele software ale dispozitivului realizat conform invenției, care constau în interfața de
2 modelare sistem mecatronic IMSM, interfața de simulare sistem mecatronic ISSM, sistemul
3 de control actuator cu arhitectura OAHA, sistemul de control sarcina cu arhitectura
4 deschisă OAHS, sistemul de realitate virtuală SRV, sistemul mecatronic fizic SMF, în
5 vederea dezvoltării unor noi interfețe de control inteligent ICI_1-ICI_n versatile și interfețe de
6 decizie și fuziune IDF pentru testare, validare și utilizarea lor pe propriul sistem mecatronic
7 fizic cu îmbunătățirea performanțelor în controlul în timp real al sistemului mecatronic și
8 posibilitatea portării acestora pe propriul PC utilizator $PCU_{11}-PCU_{fk}$, în care k are valori de
9 la 1-1000 și/are valori între 1-1000000; un număr de p servere PCS PCS_1-PCS_p , care dispun
10 de o capacitate mare de stocare și procesare, conectate printr-o magistrală de comunicații
11 a serverului MSCOM la o rețea globală de comunicații I, utilizând un sistem global de
12 comunicații cum ar fi internet, facilitarea unui număr def*k utilizatori de la distanță, conectați
13 la f*k PC utilizatori $PCU_{11}-PCU_{fk}$ printr-o magistrală de comunicații la distanță $MDCOM_1-$
14 $MDCOM_f$, accesul la resursele dispozitivului realizat conform invenției printr-un număr de p
15 interfețe de control de la distanță ICD_1-ICD_p ; un număr de f*k PC utilizatori $PCU_{11}-PCU_{fk}$, în
16 care fiecare utilizator are acces de la distanță la facilitățile oferite de un număr de p servere
17 PCS PCS_1-PCS_p prin intermediul celor p interfețe de control de la distanță ICD_1-ICD_p , permite
18 fiecăruia dintre cei f*k utilizatori de la distanță, conectat la o rețea globală de comunicații I
19 printr-un sistem global de comunicații cum ar fi internet, accesul la resursele software ale
20 dispozitivului realizat conform invenției în vederea dezvoltării de la distanță a unor noi
21 interfețe de control inteligent ICI_1-ICI_n versatile și interfețe de decizie și fuziune IDF cu
22 performanțe îmbunătățite în controlul în timp real al sistemului mecatronic pe propriul PC
23 utilizator $PCU_{11}-PCU_{fk}$.

24 Invenția prezintă avantajul că permite dezvoltarea interfețelor de control prin
25 proiectarea, testarea și experimentarea metodelor de control pe un sistem de control
26 mecatronic clasic (existent), fără a fi necesară modificarea structurii hardware a acestuia, în
27 absența structurii mecanice a sistemului mecatronic fizic reprezentat virtual în mediul realității
28 virtuale sau în prezența sistemului mecatronic fizic prin funcționarea în paralel și simultan a
29 acesteia cu structură mecanică reprezentată virtual în mediul realității virtuale, cu
30 îmbunătățirea performanțelor de control în timp real al sistemului mecatronic prin decizii
31 optime și fuziunea informației între interfețele de control inteligent și realizarea unui nivel
32 ridicat de versatilitate și portabilitate a dispozitivului într-o rețea globală de comunicații.

33 Invenția asigură nivel ridicat de versatilitate a dispozitivului prin transformarea
34 interfețelor de control de la funcția de bază de control în timp real al mișcării, navigării și
35 orientării sistemului mecatronic pe axele de control, la funcții de control inteligent printr-un
36 quantum de funcții optimizate și testate ale dispozitivului, adaptate interacțiunii cu medii
37 nestructurate și nediferențiate.

38 Invenția asigură nivel ridicat de portabilitate a dispozitivului prin posibilitatea portării
39 interfețelor de control inteligent ale sistemului mecatronic virtual 3D și ale mediului de
40 mișcare 3D al sistemului mecatronic de la sistemul PC, al unui utilizator extern, la dispozitivul
41 realizat conform invenției, pe de o parte, respectiv de la dispozitiv la sistemul PC al unui
42 utilizator extern aflat la distanță, cu posibilitatea controlului de la distanță a funcțiilor de
43 control inteligent de către utilizatorul extern, permițând astfel îmbunătățirea performanțelor
44 sistemelor de control al sistemelor mecatronice de un număr mare de utilizatori de la
45 distanță, cu exploatarea comercială la nivel mondial într-un mod facil.

46 Un alt avantaj al invenției generat de versatilitatea platformei constă în integrarea, de
47 utilizatorul local sau extern, în etape succesive a interfețelor de control inteligent aplicate
48 sistemului clasic de control real al sistemului mecatronic, cu iterarea acestor etape până la
49 obținerea performanțelor dorite.

RO 131524 B1

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...6 care reprezintă:	1
- fig. 1, prezintă schema de principiu de control în timp real a metodei și dispozitivului;	3
- fig. 2, reprezintă modelarea 3D a sistemului mecatronic;	
- fig. 3, reprezintă platforma de simulare sistem mecatronic;	5
- fig. 4, reprezintă control sistem pe lanț cinematic 3 DOF;	
- fig. 5, reprezintă sistem de realitate virtuală în Unity 3D,;	7
- fig. 6, reprezintă interfața grafică pentru controlul inteligent cu rețele neuronale.	
Metoda și dispozitivul conform invenției prezentate în fig. 1, sunt alcătuite dintr-un modul de interfață de modelare sistem mecatronic IMSM care realizează proiectarea și reprezentarea grafică în mediul virtual 3D a structurii mecanice a sistemului mecatronic; un modul de interfață de simulare sistem mecatronic ISSM generează semnalele de poziție X_{ts} și forța X_{ts}^F asociate traiectoriei simulate de mișcare ale sistemului mecatronic și primește m intrări semnale de măsură pe axele de control, poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F , m semnalele de referință X_R^P poziție și forță X_R^F , respectiv proiectului 3D al sistemului mecatronic, cu rolul de a realiza simularea mișcării sistemului mecatronic în mediul virtual 3D în funcție de semnalele de intrare, analiza mișcării sistemului mecatronic, reglării parametrilor de control pentru sistemul de control actuale cu arhitectura deschisă OAHA și al optimizării legilor de control ale celor n interfețelor de control inteligent ICl_1-ICl_n ;	9
Un exemplu de modelare matematică în mediul virtual 3D cu sistemul mecatronic al robotului NAO prin interfața de modelare sistem mecatronic IMSM, este prezentat în fig. 2a și 2b. Interfața oferă utilizatorului posibilitatea de proiectare a structurii mecanice și geometriei robotului pe platforma CAD cu putere mare de calcul și reprezentare grafică în mediul virtual 3D a structurii mecanice utilizând aplicația Blender. Aceasta conține un set robust de caracteristici și unelte privind dinamica corpurilor rigide, unelte de modelare și animație a sistemelor mecatronice. Pentru proiectarea modelului 3D în Blender a fost necesară cunoașterea detaliată a dimensiunilor și maselor fiecărei componente a robotului. Din analiza modelului 3D s-a obținut Modelul 3D a robotului NAO V4 care a fost utilizat ulterior în mediul virtual 3D. Componenta centrală a robotului NAO este pieptul, prezentată în fig. 2a. Se observă conturul piesei dat de liniile și punctele de intersecție ce definesc poligoanele suprafeței modelului geometric 3D. Utilizând aplicația Blender s-a obținut modelarea 3D a unui robot de salvare în zone calamnitare RABOT care este prezentată în fig. 2b.	11
Un exemplu de simulare sistem mecatronic în mediul virtual 3D, cum ar fi robotul umanoid NAO dezvoltat de către Aldebaran pentru a determina domeniul parametrilor de mișcare pe axe, a forțelor în articulații și a traiectoriilor elementelor finale (end-efector) prin utilizarea platformei de simulare virtuală Choreographe în corelație cu platforma de realitate virtuală Webots cu programare în script (fig. 3a) sau cu setarea parametrilor segmentelor picorului robotului NAO și programare prin diagrame (fig. 3b). Interfața de simulare poate utiliza mai multe tipuri de roboți care sunt deja implementați pe această interfață sau se poate importa structura dezvoltată dintr-un alt program de proiectare (SolidWorks, AutoDesk etc). Utilizatorul are la dispoziție principalele clase din librăria platformei de simulare virtuală Choreographe pentru proiectarea componentei de simulare: clasa de mișcare pentru metode de control al articulațiilor și metode de deplasare robot, respectiv clasa de senzori pentru monitorizare în raport cu evenimentele din mediul virtual sau real.	13
Un sistem de control clasic al sistemului mecatronic OAHA care primește semnalele de referință poziție X_R^P și forța X_R^F , un număr de m semnale de măsură a poziției și forței în articulațiile structurii mecanice a sistemului mecatronic, procesate într-un număr de m semnale de poziții actuale X_a^P și forțe actuale X_a^F ale structurii mecanice a sistemului mecatronic,	15

RO 131524 B1

1 un număr de m semnalele de poziție X_{ts}^P și forța X_{ts}^F pentru funcționare în regim de simulare
a sistemului mecatronic, un număr de m semnalele de poziție X_{tv}^P și forța X_{tv}^F pentru
3 funcționare în mediul de realitate virtuală 3D și transmite m semnale de control în timp real
la m servo-actuatore MSA_1 - MSA_m , respectiv m semnale de măsură pe axele de control
5 poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F , cu rolul de a valida pe sistemul de control mecatronic
clasic SCMC și sistemul mecatronic fizic SMF îmbunătățirea performanțelor de control în
7 timp real al sistemului mecatronic reprezentat virtual, prin decizii optime și fuziunea
informației între interfețele de control inteligent IC_1 - IC_n versatile;

9 Un exemplu de strategie de control sistem mecatronic are la bază calcul cinematic
direct și invers pe 6DOF (grade de libertate). În vederea modelării mecanismului spațial al
11 lanțului cinematic pentru segmentele piciorului robotului se alocă fiecărui element component
al mecanismului câte un sistem de axe cartezian drept. Transformare afină în spațiul tridi-
13 mensional 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 translatat în spațiul ele-
15 mentului următorului grad de libertate DOF, se poate stabili o corespondență biunivocă
corespunzătoare formalismului Denevit-Hartenberg. Integrarea componentei de forță se
17 realizează prin controlul hibrid forță-poziție. Pentru a determina relațiile de control în această
situație, împărțim ΔX_p definită ca deviația măsurată de sistemul de comandă în coordonate
19 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
21 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
23 corespunzătoare controlului în poziție din relația:

$$\Delta X_p = K_p \Delta X_a^P, \quad (1)$$

25 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
29 mișcarea unghiulară dorită a end-efectorului și eroarea de forță ΔX_f este dată de relația:

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

31 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
33 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
39 pe axele robot raportate la variația mișcării la elementul de execuție după relația:

$$\Delta \theta = J^{-1}(\theta) \Delta X_f + J^{-1}(\theta) \Delta X_p \quad (6)$$

41 Un număr de m module servo-actuatore MSA_1 - MSA_m sunt cuplate rigid cu m module
actuatoare de sarcină MAS_1 - MAS_m , pe care le acționează în faza de simulare a mișcării
43 sistemului mecatronic și în faza se deplasează în mediul virtual 3D pentru validarea deciziilor
optime și fuziunii de informații între interfețele de control inteligent IC_1 - IC_n versatile în scopul
45 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
47 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 greutateii componentelor lanțului cinematic al sistemului mecatronic raportat la poziția X_{ts}^P și forța X_{ts}^F , asigurând controlul în timp real celor m module actuator de sarcină MAS_1 - MAS_m și funcționarea în sarcină a m module servo-actuator MSA_1 - MSA_m ; un număr de m module actuator de sarcină MAS_1 - MAS_m cuplate rigid cu cele m module servo-actuator MSA_1 - MSA_m , primesc semnale de control cu rolul de a asigura acestora funcționarea în sarcină variabilă în fază de simulare în mediu virtual 3D a sistemului mecatronic;

Un exemplu de control actuator și sarcina pe lanț cinematic cu 3DOF ($m = 3$), pentru un număr de 3 module servo-actuator MSA_1 - MSA_m cuplate rigid cu 3 module actuator de sarcină MAS_1 - MAS_m , a cărui mișcare se realizează în spațiu, este prezentat în fig. 4. Rezultă un grad de libertate de tip rotație, poziționat la baza platformei, și două grade de libertate de tip rotație. Sarcinile actuatorilor de poziționare ale robotului simulat sunt generate de motoarele de sarcină, prin modelarea unei serii de articulații robotice folosind motoare în perechi de actuator - sarcină, cu definirea profilelor de sarcină ca parametri de intrare în sistem. Sunt alocate 3 module servo-actuator MSA_1 - MSA_3 cuplate rigid cu 3 module actuator de sarcină MAS_1 - MAS_3 pentru trei articulații principale ale unui robot, șold, genunchi, talpă. Servomotoarele funcționează pe 6 DOF, 3 DOF pentru acționare și 3 DOF pentru actuator de sarcină, asigurând condiții optime pentru experimentări de îmbunătățire ale interfeței de decizie și fuziune IDF și interfețelor de control inteligent ICI_1 - ICI_n prin validarea pe un sistem real, sistemul de control clasic al sistemului mecatronic OAHA, a diverselor condiții rezultate ale interacțiunii în mediul realității virtuale în care sarcinile componentelor lanțului cinematic al sistemului mecatronic sunt generate de 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, sau simulare în mediu virtual prin calcul matematic al sarcinilor componentelor lanțului cinematic raportat la poziția X_{ts}^P și forța X_{ts}^F reprezentate grafic în interfața de modelare sistem mecatronic IMSM.

Un sistem de realitate virtuală SRV generează numeric semnalele de poziție X_{tv}^P și forța X_{tv}^F , asociate traiectoriei virtuale de mișcare a sistemului mecatronic rezultate din interacțiunea cu mediu realității virtual 3D și recepționează un număr de m semnale de referință de poziție X_R^P și forța X_R^F , un număr de m intrări semnale de măsură poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F pentru reprezentare grafică și control în timp real în mediul realității virtuale 3D al sistemului mecatronic, respectiv proiectului 3D al structurii mecanice a sistemului mecatronic, cu rolul de simulare computerizat a realității fizice a sistemului mecatronic, prin interacțiune cu mediu de mișcare al sistemului mecatronic, și determinarea domeniului parametrilor de mișcare pe axe, a forțelor în articulații, a traiectoriilor elementelor finale, analizei mișcării și reglării parametrilor de control pentru sistemul mecatronic;

Pentru a exemplifica funcționarea sistemului de realitate virtuală SRV într-un program de realitate virtuală, care simulează computerizat realitatea fizică a sistemului mecatronic, este prezentat în fig. 5 robotul NAO în Unity 3D. Sistemul mecatronic utilizează motoare de fizică pentru comportament fizic cât mai apropiat cu cel real în interacțiune cu mediul virtual, afectat de coliziuni, gravitație și alte forțe exterioare fiind necesare bucle de control pe fiecare grad de libertate pentru a asigura stabilitatea sistemului. Cu numai câțiva parametri configurabili, se pot crea sistemul mecatronic care se comportă activ într-un mod realist în mediul virtual. Unity 3D permite realizarea de comportamente fizice sistemului mecatronic în mediul realității virtuale cu generarea semnalele de poziție X_{tv}^P și forța X_{tv}^F , asociate traiectoriei virtuale de mișcare a sistemului mecatronic rezultate din interacțiunea cu mediu realității virtual 3D.

1 Un modul de interfață de decizie și fuziune IDF generează numeric pentru controlul
mișcării structurii mecanice a sistemului mecatronic în mediul realității virtuale 3D referințele
3 de poziție X_R^P și forța X_R^F și primește un număr de m intrări semnale de măsură poziție
actuală X_a^P și forța actuală X_a^F , semnalele de poziție X_{ts}^P și forța X_{ts}^F , semnalele de poziție
5 și forță X_{tv}^P și forța X_{tv}^F , cu rolul de a asigura controlul în timp real, controlul priorităților,
decizii optime și fuziunea informației între un număr de n interfețe de control inteligent ICI_1-
7 ICI_n prin modelări matematice, cum ar fi metoda inferenței datelor, metoda fuzzy, metoda
logicii neutrosofice în controlul mișcării sistemului mecatronic, versatilitatea interfețelor de
9 control inteligent ale sistemului mecatronic virtual 3D și versatilitatea interfețelor de control
inteligent a mediului de mișcare 3D al sistemului mecatronic; un număr de n interfețe de
11 control inteligent ICI_1-ICI_n versatile care asigură dezvoltarea a unui număr de n funcții de
control suplimentare față de cele asigurate de sistemul de control mecatronic clasic SCMC,
13 cu rolul de a permite implementarea diferitelor metode de control cum ar fi controlul extins
hibrid forță-poziție, control neutrosofic, interfața de rețele neuronale, control robot haptic,
15 testarea performanțelor controlului sistemului mecatronic în mediul virtual 3D prin utilizarea
interfețe de simulare sistem mecatronic ISSM sau a sistemului de realitate virtuală SRV,
17 validate în mediu real prin aplicarea lor pe sistemul control actuator cu arhitectura des-
chisă OAHA sau pe un sistem mecatronic fizic SMF, care conduc la performanțele îmbună-
19 tățite în controlul sistemului mecatronic prin repetarea experimentărilor astfel că erorile între
mișcările de referință și mișcările rezultate prin analiza mișcării sistemului mecatronic intră
21 în gama de erori dorită;

Interfața de decizie și fuziune IDF asigură controlul în timp real, controlul priorităților
23 și monitorizarea schimbului de informații între interfețele de control inteligent ICI_1-ICI_n
conectate prin magistrala locală de comunicații MLCOM cu sistemul de realitate virtuală SRV
25 sau cu interfața de simulare sistem mecatronic ISSM pentru demonstrarea prin simulare
virtuală a rezultatelor în controlul sistemului mecatronic, respectiv cu sistem de control clasic
27 al sistemului mecatronic OAHA sau cu sistemul mecatronic fizic SMF pentru validarea per-
formanțelor rezultate în controlul sistemului mecatronic.

29 Interfețe de control inteligent ICI_1-ICI_n și interfața de decizie și fuziune IDF utilizează
strategii avansate de control adaptate mediului robotului tip interfața de control extins (ICEx)
31 care integrează controlul extins hibrid forță-poziție (eHFPC), interfața de control neutrosofic
(ICNs) care integrează metoda neutrosofică de control robot, Robot Neutrosophic Control
33 (RNC), interfața de rețele neuronale (INN), interfața de control robot haptic (CRH) destinat
deplasării și navigării pe terenuri denivelate și medii incerte.

35 Pentru a exemplifica funcționarea interfeței de rețele neuronale (INN) este prezentată
în fig. 6 interfața grafică (GUI), care include un selector pentru un număr de tipuri de robot
37 pre-stabilite și posibilitatea de a defini limitele maxime de deplasare pentru fiecare dintre
încheieturile robotice (fig. 6a). După specificarea acestor informații, există posibilitatea de
39 a genera și afișa câmpul de lucru robotic în spațiu 3D folosind cinematica directă, pentru
vizualizare, și de a porni învățarea unui grup de ANFIS (sisteme de inferență fuzzy antrenate
41 folosind rețele neuronale) pentru emularea cinematicii inverse (fig. 6b). Aplicația dezvoltată
este concepută pentru îmbunătățirea performanțelor prin controlul hibrid forță-poziție și
43 implică proiectarea și simularea unui dispozitiv robotic cu trei grade de libertate. Referința de
urmărire pentru articulațiile unghiulare este generată folosind un model antrenat neuro-fuzzy
45 în locul sistemului cinematic invers uzual. Actuatorii articulațiilor sunt conduse folosind
o selecție de controllere de poziție și o comparație a performanțelor lor, obținute pe concepte
47 investigate anterior, de mare actualitate în domeniu cum ar fi rețele neuro-fuzzy, extenică și
control fuzzy cu bază redusă.

RO 131524 B1

Un sistem mecatronic fizic SMF, cum ar fi robotul NAO, primește semnale de referință poziție și forță, X_R^P , X_R^F cu rolul de a funcționa în paralel și simultan cu sistemul mecatronic virtual din sistemul de realitate virtuală SRV și are posibilitatea de a încărca în programul propriu de execuție interfețele de control inteligent ICI_1 - ICI_n versatile și modulul de interfață de decizie și fuziune IDF, având ca scop îmbunătățirea performanțelor în controlul sistemului mecatronic prin repetarea experimentărilor astfel că erorile între mișcărilor de referință și mișcărilor rezultate prin analiza mișcării sistemului mecatronic intră în gama de erori dorită;	1 3 5 7
Un număr de p interfețe de control de la distanță ICD_1 - ICD_p , multiplicat, pe număr de p servere PCS PCS_1 - PCS_p , p de la 1 la 1000 asigură unui număr de f*k utilizatori de la distanță, conectați la internet accesul la resursele software ale dispozitivului realizat conform invenției în vederea dezvoltării unor noi interfețe de control inteligent ICI_1 - ICI_n versatile și interfețe de decizie și fuziune IDF pentru testare, validare și utilizare pe propriul sistem mecatronic fizic, cu îmbunătățirea performanțelor în controlul în timp real al sistemului mecatronic și posibilitatea portării acestora pe propriul PC utilizator PCU_{11} - PCU_{fk} , în care k are valori de la 1-1000 și/are valori între 1-1000000; un număr de p servere PCS PCS_1 - PCS_p , care dispun de o capacitate mare de stocare și procesare, conectate la o rețea globală de comunicații I, utilizând un sistem global de comunicații cum ar fi internet, facilitează unui număr de f*k utilizatori de la distanță, conectați la f*k PC utilizatori PCU_{11} - PCU_{fk} accesul la resursele dispozitivului realizat conform invenției printr-un număr de p interfețe de control de la distanța ICD_1 - ICD_p ; un număr de f*k PC utilizatori PCU_{11} - PCU_{fk} care conține fiecare câte o aplicație de acces de la distanță, în care utilizând facilitățile oferite de un număr de p servere PCS PCS_1 - PCS_p prin intermediul celor p interfețe de control de la distanță ICD_1 - ICD_p , permite fiecăruia dintre cei f*k utilizatori de la distanță, conectat la o rețea globală de comunicații I printr-un sistem global de comunicații cum ar fi internet, accesul la resursele software ale dispozitivului realizat conform invenției, în vederea dezvoltării de la distanță a unor noi interfețe de control inteligent ICI_1 - ICI_n versatile și interfețe de decizie și fuziune IDF cu performanțe îmbunătățite în controlul în timp real al sistemului mecatronic pe propriul PC utilizator PCU_{11} - PCU_{fk} .	9 11 13 15 17 19 21 23 25 27
Pentru exemplificare, accesul la distanță se face utilizând aplicația Windows Remote Desktop Connection. Aceasta facilitează accesul utilizatorilor externi de pe un calculator PC utilizator PCU_{11} - PCU_{fk} pe care rulează un sistem de operare Windows la resursele software ale p servere PCS PCS_1 - 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 interfețelor de control inteligent ICI_{11} - ICI_n versatile și interfețelor de decizie și fuziune IDF prin intermediul unui browser web și a p interfețe de control de la distanță ICD_1 - ICD_p . Din punctul de vedere al aplicabilității, cele p servere PCS PCS_1 - 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 sistem 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.	29 31 33 35 37 39 41
Brevetul propus are la bază numeroase cercetări multidisciplinare cu contribuții de cercetare fundamentală și capabilități tehnologice în numeroase domenii: industria nucleară pentru transport materiale nucleare, asistență medicală pentru persoane handicapate, agricultură și silvicultură, inspecții în zone greu accesibile, nano-micro tehnologii etc.	43 45

1 Utilizarea interacțiunii în mediul realității virtuale prin funcționarea sistemului meca-
tronic fizic în paralel și simultan cu sistemul mecatronic virtual în mediul realității virtuale
3 conduce la dezvoltarea unor noi interfețe de decizie și fuziune și a unor noi interfețe de
control inteligent pentru controlul sistemelor mecatronic cu performanțe îmbunătățite, oferind
5 specialiștilor posibilitatea de validare pe sisteme de control reale. Portabilitatea interfețe de
control inteligent într-o rețea globală de comunicații crește impactul economic și al dezvoltării
7 performanțelor de control al sistemelor mecatronice prin participarea la scară mondială a
unor cercetători din medii academice, universități, centre de cercetare sau personal
9 specializat. Caracteristicile de portabilitate a dispozitivului realizat conform invenției permite
utilizatorului, oriunde s-ar afla în lume, ca după testare și îmbunătățirea performanțelor de
11 mișcare ale sistemului mecatronic să implementeze interfețele de control inteligent și
interfețele de decizie și fuziune pe propriul sistem de control. Împreună cu caracteristica de
13 funcționare într-o rețea globală de comunicații, dispozitivul este competitiv cu alte platforme
virtuale renumite pe plan mondial CAD, CAM, CAE, LabView, Matlab, Simulink, Webot,
15 USARSIM, Unity 3D, V-REP profitabil din punct de vedere comercial, permițând intrarea
dispozitivului realizat conform invenției pe piața IT ca o nouă componentă între platforme IT
17 existente.

19 Bibliografie

21 1. Choi A.C.K., Chan D.S.K., Yuen A.M.F., "*Application of Virtual Assembly Tools for*
Improving Product Designing", Int. J. Adv. Manuf. Technol. (2002), 19:377-383, Springer-
23 Verlag.

25 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
Daniel X. F., Luo S., Lee N. J., Jin F., "*Virtual machining lab for knowledge learning and skills*
27 *training*", Computer App. în Eng. Education, vol. 6, Issue 2 , Pg 89-97, John Wiley & Sons.

29 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.
31 Hongnian YU, Bournemouth University, UK , partners: Prof. Luige Vladareanu, Romanian
Academy, Prof. Gao, Shanghai Jiao Tong University, CN, Prof. Zeng-Guang Hou, Inst. of
33 Automation Chinese Academy of Sciences, CN, Prof. Hong Bo Wang, Yanshan University,
CN., Staffordshire University, UK.

35 4. Materna, A. T., Vossler, R. A., Stepczyk, F. M., "*Computer integration system*", US
Patent 4714995.

37 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),
39 Tokyo, Japan., ISBN 978-1-4577-1690-10, doi by IEEE Conference, 2012, pp.228-233.

41 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
43 (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,
45 November 2012.

RO 131524 B1

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. 1
3
8. A short overview on DSMT for Information Fusion, by J. Dezert and F. Smarandache, Proceedings of IOth International Conference on Fuzzy Theory and Technology (FT&T 2005), Salt Lake City, Utah, USA, July 21-26, 2005. 5
7
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. 9
10. L.Vladareanu, 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
13
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 (FEL), 2015. 15
17

Revendicări

1
3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45
47

1. Metoda pentru dezvoltarea în mediul realității virtuale a interfețelor de control sisteme mecatronice, **caracterizată prin aceea că**, în vederea îmbunătățirii performanțelor în controlul sistemelor mecatronice, al realizării unui nivel ridicat de versatilitate și portabilitate, în prezența sistemului mecatronic fizic (**SMF**) cu sistem de control propriu și structura mecanică proprie sau în absența structurii mecanice a sistemului mecatronic, asigură proiectarea, testarea și experimentarea metodelor de control pe un sistem de control mecatronic clasic (existent) (**SCMC**), fără a fi necesară modificarea structurii hardware a acestuia, prin parcurgerea următoarelor faze în dezvoltarea respectivului dispozitiv: (i) realizarea unei interfețe de modelare sistem mecatronic (**IMSM**) prin modelarea matematică în mediul virtual a structurii mecanice propriie a sistemului mecatronic sau în absența acesteia a structurii mecanice dorite a sistemului mecatronic, care include proiectul și reprezentare grafică în mediul virtual 3D a structurii mecanice, (ii) realizarea unei interfețe de simulare sistem mecatronic (ISSM) prin integrarea interfeței de modelare sistem mecatronic (**IMSM**) din faza (i) într-un program de simulare a mișcării sistemului mecatronic în mediul virtual 3D în care se asociază structurii mecanice a sistemului mecatronic semnalele de măsură pe axele de control, poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F , și semnalele de referință poziție X_R^P și forța X_R^F pentru a determina domeniul parametrilor de mișcare pe axe, a forțelor în articulații și a traiectoriilor elementelor finale (end-efector) ale sistemului mecatronic, (iii) realizarea unui sistem de realitate virtuală (**SRV**) prin integrarea interfeței de simulare sistem mecatronic (**ISSM**) obținută conform fazelor (i)-(ii) într-un program de realitate virtuală, care simulează computerizat realitatea fizică a sistemului mecatronic, interacțiunea cu mediul de mișcare al sistemului mecatronic și generează semnalele de poziție X_{tv}^P și de forța X_{tv}^F asociate traiectoriei virtuale de mișcare al sistemului mecatronic rezultate din interacțiunea cu mediu realității virtual 3D, (iv) realizarea unui sistem de control actuator cu arhitectura deschisă (**OAHA**) care integrează sistemul de control mecatronic clasic (**SCMC**) în care generarea traiectoriei de mișcare și a forțelor se face prin metode clasice de control cum ar fi metoda Denevit-Hartenberg, și permite controlul în timp real pe axele de control a m servo-actuator (**MSA₁-MSA_m**) asociate atât articulațiilor sistemului mecatronic reprezentat grafic în modulul de interfață de simulare sistem mecatronic ISSM pentru simularea mișcării sistemului mecatronic în mediul virtual 3D cât și articulațiilor sistemului mecatronic cu reprezentarea grafică din sistemului de realitate virtuală (**SRV**) pentru simularea mișcării sistemului mecatronic în mediul de realitate virtuală 3D, (v) realizarea unui sistem de control sarcină cu arhitectura deschisă (**OAHS**) care permite controlul în timp real a sarcinii pe axele de control a structurii mecanice ca urmare a interacțiunii sistemului mecatronic în mediul virtual 3D prin calcul matematic al greutății componentelor lanțului cinematic al sistemului mecatronic în funcție de poziția X_{ts}^P și forța X_{ts}^F din faza (ii) sau ca urmare a interacțiunii sistemului mecatronic în mediul realității virtuale 3D, prin receptionarea cuplului de sarcina în funcție de poziția X_{tv}^P și forța X_{tv}^F generat în faza (iii), utilizând un număr de m module actuator de sarcină (**MAS₁-MAS_m**) pe axele de control, cu rolul de sarcină a structurii mecanice a sistemului mecatronic, 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 deschisă (**OAHA**) din faza (iv) prin realizarea unor interfețe de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) versatile pentru controlul extins hibrid forță-poziție, control neutrosific, interfața de rețele neuronale, control robot haptic, (vii) generarea referințelor de poziție și forța, X_R^P , X_R^F obținute prin schimb de date cu interfețele de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) versatile din

RO 131524 B1

faza (vi), cu aplicarea unor decizii optime și fuziunii de informații prin modelări matematice, cum ar fi metoda inferenței datelor, metoda fuzzy, metoda logicii neutosofice, în controlul mișcării sistemului mecatronic, (viii) faza de simulare și validare în mediu virtual a sistemului mecatronic realizată prin modelarea sistemului mecatronic în faza (i) care interacționează în mediul de mișcare virtual 3D în interfața de simulare sistem mecatronic (**ISSM**) realizat din faza (ii), prin funcționarea sistemului de control actuator cu arhitectura deschisă (**OAHA**) realizat în faza (iv) cu semnale de referință poziție X_R^P și forța X_R^F realizate în faza (vii), care are sarcina structurii mecanice pe axele de control ale sistemului mecatronic generată de m module de actuator de sarcină (**MAS₁-MAS_m**) din faza (v) și în care interfețe de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) versatile dezvoltate în faza (vi) interacționează în generarea referințelor de poziție X_R^P și forța X_R^F pe baza unor modelări matematice conform fazei (vii) și repetarea fazelor (i), (ii), (iv)-(viii) până ce performanțele în controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile între mișcările de referință și mișcările rezultate prin analiza mișcării sistemului mecatronic din interfața de simulare în mediul virtual din faza (ii) intră în gama de erori dorită; (ix) faza de simulare și validare în mediul realității virtual a sistemului mecatronic realizată prin modelarea sistemului mecatronic în faza (i), cu interacțiune în mediul realității virtuale din sistemul de realitate virtuală (**SRV**) realizat în faza (iii), funcționarea sistemului de control actuator cu arhitectura (**OAHA**) realizat în faza (iv) cu semnale de referință poziție X_R^P și forța X_R^F de la modulul de interfața de decizie și fuziune (**IDF**) realizat în faza (vii), cu sarcina structurii mecanice pe axele de control ale sistemului mecatronic generată de m module de actuator de sarcină (**MAS₁-MAS_m**) din faza (v) și cu interfețe de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) versatile dezvoltate în faza (vi) care interacționează în generarea referințelor de poziție X_R^P și forța X_R^F pe baza unor modelări matematice conform fazei (vii), și repetarea fazelor (i), (iii)-(ix) până ce performanțele în controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile între mișcările de referință și mișcările rezultate prin analiza mișcării sistemului mecatronic din interfața de simulare în mediul realității virtuale din faza (iii) intră în gama de erori dorită; (x) faza de simulare și validare în cazul existenței unui sistem mecatronic fizic (**SMF**) prin funcționarea sistemului mecatronic cu structura mecanică virtuală 3D, dezvoltat în fazele (i)-(ix), în interacțiune cu mediul virtual 3D cu semnalele de poziție X_v^P și forța X_v^F din faza (iii) și semnale de referință poziție X_R^P și forța X_R^F din faza (vii) care utilizează interfețele de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) versatile din faza (vi), în paralel și simultan cu un sistem mecatronic fizic (**SMF**), cu structura mecanică proprie, care interacționează cu un mediu real similar mediului virtual 3D din fazele (i)-(ix), cu repetarea fazelor (i)-(x) până ce performanțele în controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile între mișcările de referință și mișcările intră în gama de erori dorită; (xi) faza de control de la distanță, în interiorul unei rețele globale de comunicații, pentru un număr f*k utilizatori de la distanță, fiecare conectat la unu din cele f*k PC utilizatori (**PCU₁-PCU_{fk}**), unde k are valori de la 1-1000 și/are valori între 1-1000000, prin realizarea unor p interfețe de control de la distanță (**ICD₁-ICD_p**) conectate la o rețea de comunicații la distanță (I) cum ar fi internet, multiplicat pe p servere PC (**PCS₁-PCS_p**), p de la 1 la 1000, asigură fiecărui server PCS controlul funcționării sistemului mecatronic de la distanță cu structura mecanică virtuală 3D în interacțiune cu mediul virtual 3D, versatilitatea și portabilitatea interfețelor de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) și interfeței de decizie și fuziune (**IDF**) și posibilitatea repetării fazelor (i)-(xi) de unul din cei f*k utilizatori până ce performanțele în controlul sistemului mecatronic, respectiv erorile între mișcările de referință și mișcările rezultate intră în gama de erori dorită.

RO 131524 B1

1 2. Dispozitivul pentru dezvoltarea în mediul realității virtuale a interfețelor de control
sisteme mecatronice, **caracterizată prin aceea că**, în vederea îmbunătățirii performanțelor
3 în controlul sistemelor mecatronice, este alcătuit dintr-un modul de interfață de modelare
sistem mecatronic (**IMSM**) care realizează proiectarea și reprezentarea grafică în mediul
5 virtual 3D a structurii mecanice a sistemului mecatronic, transmite la modul de interfață
simulare sisteme mecatronice (**ISSM**) și la sistemul de realitate virtuală (**SRV**) proiectul 3D
7 al sistemului mecatronic; un modul de interfață de simulare sistem mecatronic (**ISSM**) care
generează numeric printr-o magistrală locală de comunicații (**MLCOM**) semnalele de poziție
9 X_{ts}^P și forța X_{ts}^F asociate traiectoriei simulate de mișcare ale sistemului mecatronic la modulul
de interfață de decizie și fuziune (**IDF**) și la modulul generator de sarcină (**MGS**) și primește
11 m intrări semnale de măsură pe axele de control, poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F ,
generate de sistemul de control mecatronic clasic (**SCMC**), m semnalele de referință X_R^P
13 poziție și forță X_R^F generate de un modul de interfață de decizie și fuziune (**IDF**), respectiv
proiectului 3D al sistemului mecatronic generat de modul de interfață de modelare sistem
15 mecatronic (**IMSM**), cu rolul de a realiza simularea mișcării sistemului mecatronic în mediul
virtual 3D în funcție de semnalele de intrare, printr-un program de simulare cu ajutorul calcu-
17 latorului, în vederea analizei mișcării sistemului mecatronic, reglării parametrilor de control
pentru sistemul de control actuator cu arhitectură deschisă (**OAHA**) și al optimizării legilor
19 de control ale celor n interfețelor de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**); un sistem de control clasic
al sistemului mecatronic (**OAHA**) care primește de la modulul de interfață de decizie și
21 fuziune (**IDF**) semnale de referință poziție X_R^P și forța X_R^F , de la m traductoarele de măsurare
(**TM1-TM_m**) un număr de m semnale de măsură a poziției și forței în articulațiile structurii
23 mecanice a sistemului mecatronic, procesate într-un număr de m semnale de poziții actuale
 X_a^P și forte actuale X_a^F ale structurii mecanice a sistemului mecatronic, de la modulul de
25 interfață simulare a sistemului mecatronic (**ISSM**) un număr de m semnalele de poziție X_{ts}^P
și forța X_{ts}^F pentru funcționare în regim de simulare a sistemului mecatronic, de la sistem de
27 realitate virtuală (**SRV**) un număr de m semnalele de poziție X_{tv}^P și forța X_{tv}^F pentru
funcționare în mediul de realitate virtuală 3D și transmite m semnale de control în timp real
29 la m servo-actuatori (**MSA₁-MSA_m**), respectiv m semnale de măsură pe axele de control
poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F la interfața de simulare a structurii mecanice (**ISSM**),
31 la sistem de realitate virtuală (**SRV**) și la modulul de interfață de decizie și fuziune (**IDF**), cu
rolul de a valida pe sistemul de control mecatronic clasic (**SCMC**) îmbunătățirea performan-
33 țelor de control în timp real al sistemului mecatronic reprezentat virtual, prin decizii optime
și fuziunea informației între interfețele de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) versatile; un număr de
35 m traductoarele de măsurare (**TM1-TM_m**), montate pe m module servo-actuatori (**MSA₁-**
MSA_m), transforma pozițiile pe cele m grade de libertate și forțele ale celor m articulații ale
37 robotului în semnale de măsură, pe care le transmite la sistemul de control clasic a
sistemului mecatronic (**SCMC**), cu rolul de a măsura valorile actuale de poziție X_a^P și forța
39 X_a^F ; un număr de m module servo-actuatori (**MSA₁-MSA_m**) primesc semnale de control de
la sistemul de control clasic al sistemului mecatronic (**SCMC**), pe care sunt montate m
41 module traductoare de măsură (**TM1-TM_m**), sunt cuplate rigid cu m module actuatori de
sarcină (**MAS₁-MAS_m**), pe care le acționează în faza de simulare a mișcării sistemului
43 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
45 îmbunătățirii performanțelor de control în timp real al sistemului mecatronic; un modul

RO 131524 B1

generator de sarcină (**MGS**) determină cuplul de sarcină prin calcul matematic al greutateii componentelor lanțului cinematic al sistemului mecatronic raportat la poziția X_{ts}^P și forța X_{ts}^F generate de modul interfață de simulare sistem mecatronic (**ISSM**), asigurând controlul în timp real celor m module actuator de sarcină (**MAS₁-MAS_m**) și funcționarea în sarcină a m module servo-actuator de sarcină (**MSA₁-MSA_m**); un număr de m module actuator de sarcină (**MAS₁-MAS_m**) cuplate rigid cu cele m module servo-actuator de sarcină (**MSA₁-MSA_m**), primesc semnale de control de la un modul generator de sarcină (**MGS**), cu rolul de a asigura acestora funcționarea în sarcină variabilă în faza de simulare în mediu virtual 3D a sistemului mecatronic; un sistem de realitate virtuală (**SRV**) generează numeric semnalele de poziție X_{tv}^P și forța X_{tv}^F , asociate traiectoriei virtuale de mișcare al sistemului mecatronic rezultate din interacțiunea cu mediu realității virtual 3D, la modulul de interfață de decizie și fuziune (**IDF**) și la modulul generator de sarcină (**MGS**), și recepționează, de la un modul de interfață de decizie și fuziune (**IDF**) un număr de m semnalele de referință de poziție X_R^P și forța X_R^F , de la sistemul de control actuator cu arhitectura deschisă (**OAHA**) un număr de m intrări semnale de măsură poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F pentru reprezentare grafică și control în timp real în mediul realității virtuale 3D al sistemului mecatronic, respectiv proiectului 3D al structurii mecanice a sistemului mecatronic de la modul de interfață de modelare sistem mecatronic (IMSM), prin magistrala locală de comunicații (**MLCOM**), cu rolul de simulare computerizat a realității fizice a sistemului mecatronic, prin interacțiune cu mediul de mișcare al sistemului mecatronic și determinare a domeniului parametrilor de mișcare pe axe, a forțelor în articulații, a traiectoriilor elementelor finale (end-efector), analizei mișcării și reglării parametrilor de control pentru sistemul mecatronic; un modul de interfață de decizie și fuziune (**IDF**) generează numeric, printr-o magistrală locală de comunicații (**MLCOM**), referințele de poziție X_R^P și forța X_R^F , la modulul de interfață de simulare sistem mecatronic (**ISSM**), la sistem de realitate virtuală (**SRV**), la sistemul de control clasic al sistemului mecatronic (**SCMC**) și primește de la un sistem de control actuator cu arhitectura deschisă (**OAHA**) un număr de m intrări semnale de măsură poziție actuală X_a^P și forța actuală X_a^F , de la interfața de simulare sistem mecatronic (**ISSM**) semnalele de poziție X_{ts}^P și forța X_{ts}^F , de la sistemul de realitate virtuală (**SRV**) semnalele de poziție și forța X_{tv}^P și forța X_{tv}^F , cu rolul de a asigura controlul în timp real, controlul priorităților, decizii optime și fuziunea informației între un număr de n interfețe de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) prin modelări matematice, cum ar fi metoda inferenței datelor, metoda fuzzy, metoda logicii neutrosofice în controlul mișcării sistemului mecatronic, versatilitatea interfețelor de control inteligent de ale sistemului mecatronic virtual 3D și versatilitatea interfețelor de control inteligent ale mediului de mișcare 3D al sistemului mecatronic; un număr de n interfețe de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) versatile care asigură dezvoltarea a unui număr de n funcții de control suplimentare față 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 forță-poziție, control neutrosofic, interfața de rețele neuronale, control robot haptic, testarea performanțelor controlului sistemului mecatronic în mediul virtual 3D prin utilizarea interfețe de simulare sistem mecatronic (**ISSM**) sau a sistemului de realitate virtuală (**SRV**), validate în mediu real prin aplicarea lor pe sistemul control actuator cu arhitectura deschisă (**OAHA**), care conduc la performanțele îmbunătățite în controlul sistemului; un număr de p interfețe de control de la distanță (**ICD₁-ICD_p**), multiplicat pe număr de p servere PCS (**PCS₁-PCS_p**), p de la 1 la 1000, utilizează magistrala de control comunicații (**MCCOM**) pentru schimbul de date cu p servere

RO 131524 B1

1 PCS (**PCS₁-PCS_p**), asigura unui număr de $f \cdot k$ utilizatori de la distanță, conectați la internet,
accesul la resursele software ale dispozitivului realizat conform invenției în vederea
3 dezvoltării a unor noi interfețele de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) versatile și interfețe de decizie
și fuziune (**IDF**) pentru testare, validare și utilizare pe propriul sistem mecatronic fizic cu
5 îmbunătățirea performanțelor în controlul în timp real al sistemului mecatronic și posibilitatea
portării acestora pe propriul PC utilizator (**PCU₁₁-PCU_{fk}**), în care k are valori de la 1-1000
7 și/are valori între 1-1000000; un număr de p servere PCS (**PCS₁-PCS_p**), care dispun de o
capacitate mare de stocare și procesare, conectate printr-o magistrală de comunicații a
9 serverului (**MSCOM**) la o rețea globală de comunicații (I), utilizând un sistem global de
comunicații cum ar fi internet, facilitează unui număr de $f \cdot k$ utilizatori de la distanță, conectați
11 la $f \cdot k$ PC utilizatori (**PCU₁₁-PCU_{fk}**) printr-o magistrală de comunicații la distanță (**MDCOM₁-**
MDCOM_f), accesul la resursele dispozitivului realizat conform invenției printr-un număr de
13 p interfețe de control de la distanța (**ICD₁-ICD_p**); un număr de $f \cdot k$ PC utilizatori (**PCU₁₁-PCU_{fk}**)
care conțin fiecare câte o aplicație de acces de la distanță, în care utilizând facilitățile oferite
15 de un număr de p servere PCS (**PCS₁-PCS_p**) prin intermediul celor p interfețe de control de
la distanța (**ICD₁-ICD_p**), permite fiecăruia dintre cei $f \cdot k$ utilizatori de la distanță, conectat la
17 o rețea globală de comunicații (I) printr-un sistem global de comunicații cum ar fi internet,
accesul la resursele software ale dispozitivului realizat conform invenției în vederea
19 dezvoltării de la distanța a unor noi interfețele de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) versatile și
interfețe de decizie și fuziune (**IDF**) cu performanțe îmbunătățite în controlul în timp real ale
21 sistemului mecatronic pe propriul PC utilizator (**PCU₁₁-PCU_{fk}**).

3. Dispozitivul pentru dezvoltarea în mediul realității virtuale a interfețelor de control
23 sisteme mecatronice, **caracterizată prin aceea că**, în vederea îmbunătățirii performanțelor
în controlul sistemelor mecatronice, este alcătuit conform dispozitivului din revendicarea 2
25 în care modulul generator de sarcină (**MGS**) primește cuplul de sarcină în funcție de poziția
 X_{iv}^P și forța X_{iv}^F generat de sistemul de realitate virtuală (**SRV**) ca urmare a interacțiunii
27 sistemului mecatronic în mediul realității virtual 3D, asigurând controlul în timp real celor m
module actuator de sarcină (**MAS₁-MAS_m**) și funcționarea în sarcină a m module servo-
29 actuator (**MSA₁-MSA_m**).

4. Dispozitivul pentru dezvoltarea în mediul realității virtuale a interfețelor de control
31 sisteme mecatronice, **caracterizată prin aceea că**, în vederea îmbunătățirii performanțelor
în controlul sistemelor mecatronice, este alcătuit conform dispozitivului din revendicarea 2
33 sau revendicarea 3 în care sistemul de control clasic al sistemului mecatronic (**OAHA**) are
rolul de a valida pe sistemul de control mecatronic clasic (**SCMC**) și pe sistemul mecatronic
35 fizic (**SMF**) îmbunătățirea performanțelor de control în timp real al sistemului mecatronic
reprezentat virtual, prin decizii optime și fuziunii de informații între interfețele de control
37 inteligent (**ICI₁-ICI_n**) versatile; modul de interfață de decizie și fuziune (**IDF**) care generează
numeric, printr-o magistrală locală de comunicații (**MLCOM**), referințele de poziție X_R^P și forța
39 X_R^F , rezultate după procesarea legilor de control inteligent la modulul de interfață de simulare
sistem mecatronic (**ISSM**), la sistem de realitate virtuală (**SRV**) pentru controlul mișcării
41 structurii mecanice a sistemului mecatronic în mediul realității virtuale 3D, la sistemul de
control clasic al sistemului mecatronic (**SCMC**) și la sistem mecatronic fizic (**SMF**); un număr
43 de n interfețe de control inteligent (**ICI₁-ICI_n**) versatile validate în mediu real prin aplicarea lor
pe sistemul control actuator cu arhitectură deschisă (**OAHA**) și pe un sistem mecatronic
45 fizic (**SMF**); un sistem mecatronic fizic (**SMF**), primește printr-o magistrală locală de
comunicații (**MLCOM**) semnale de referință poziție și forță, X_R^P , X_R^F , de la modulul de

RO 131524 B1

interfață de decizie și fuziune (IDF), cu rolul de a funcționa în paralel și simultan cu sistemul mecatronic virtual din sistemul de realitate virtuală (SRV) și posibilitatea de a încărca în programul propriu de execuție interfețele de control inteligent (ICI₁-ICI_n) versatile și modulul de interfață de decizie și fuziune (IDF), având ca scop îmbunătățirea performanțelor în controlul sistemului mecatronic prin repetarea experimentărilor astfel că erorile între mișcările de referință și mișcările rezultate prin analiza mișcării sistemului mecatronic intră în gama de erori dorită; un număr de p interfețe de control de la distanță (ICD₁-ICD_p) asigură unui număr de f*k utilizatori de la distanță, conectați la internet accesul la resursele software ale dispozitivului realizat conform invenției, care constau în interfața de modelare sistem mecatronic (IMSM), interfața de simulare sistem mecatronic (ISSM), sistemul de control actuatori cu arhitectura (OAHA), sistemul de control sarcină cu arhitectura deschisă (OAHS), sistemul de realitate virtuală (SRV), sistemul mecatronic fizic (SMF).	1 3 5 7 9 11
--	-----------------------------

(51) Int.Cl.

G06F 17/50 (2006.01),

G06F 9/455 (2006.01),

G06F 3/01 (2006.01)

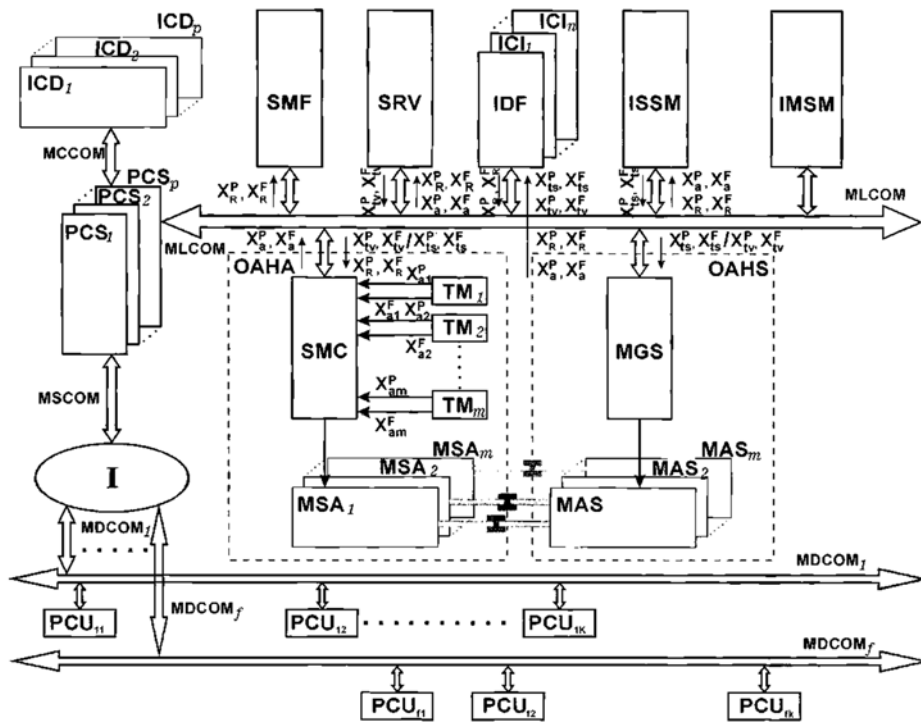


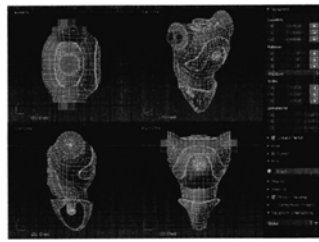
Fig. 1

(51) Int.Cl.

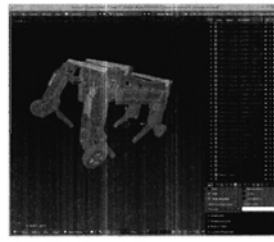
G06F 17/50 (2006.01);

G06F 9/455 (2006.01);

G06F 3/01 (2006.01)

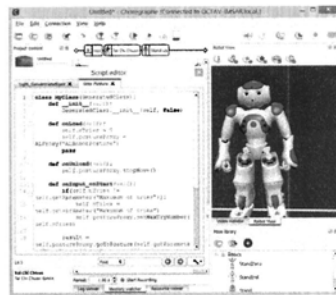


a)

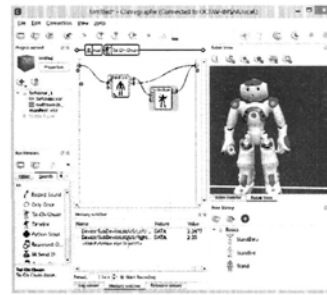


b)

Fig. 2



a)



b)

Fig. 3

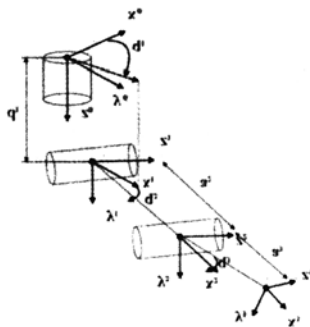


Fig. 4

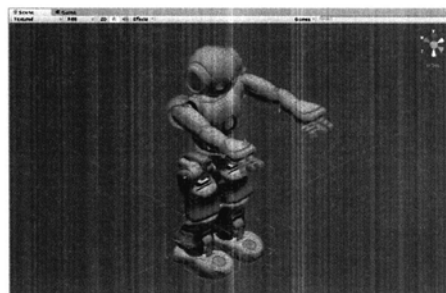
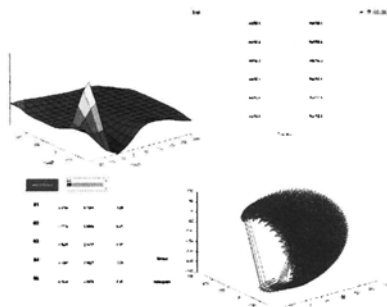
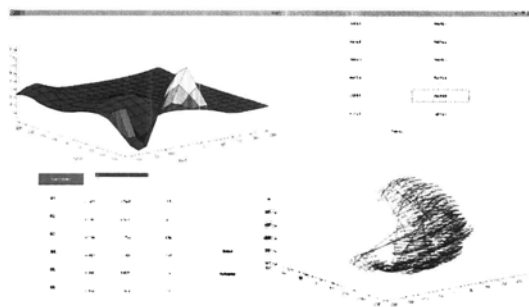


Fig. 5



a)



b)

Fig. 6



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 177/2023