



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00821

(22) Data de depozit: 14/11/2016

(41) Data publicării cererii:
28/04/2017 BOPI nr. 4/2017

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

(72) Inventatori:
• VLADAREANU LUIGE, STR. GOLOVIȚA
NR. 34-36, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• MUNTEANU RADU IOAN,
STR. ALEXANDRU VLAHUȚĂ, BL. LAMĂ C,
SC. 2, AP. 69, CLUJ NAPOCA, CJ, RO;
• SIRETEANU TUDOR,
BD. ALEXANDRU OBREGIA NR. 24, BL. R2,
SC. B, ET. 9, AP. 81, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• DUMITRACHE IOAN, BD. DECEBAL
NR. 7, BL. S12, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;
• ILIESCU MIHAIELA,
STR. ION MIHALACHE NR. 45C, ET. 2,
AP. 57, BUCUREȘTI, B, RO;
• CONONOVICI BORIS SERGIU,
STR. PREL. GHENCEA NR. 28, BUCUREȘTI,
B, RO;
• VLADAREANU 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. 29, CLUJ NAPOCA, CJ, 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;
• BARBU VALENTIN, ȘOS. OLȚENIȚEI
NR. 34, BL. 5 C, SC. 1, ET. 7, AP. 30,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;
• MUNTEANU MIHAI ȘTELIAN,
STR. CARIEREI NR. 2, CLUJ-NAPOCA, CJ,
RO;
• MITROI DANIEL-MARIAN,
BD. ION MIHALACHE NR. 339, BL. 15, SC. B,
ET. 2, AP. 43, BUCUREȘTI, B, RO;
• MOISESCU MIHNEA, STR. TELEAJEN
NR. 21, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• CHENARU OANA, STR. VIORELE NR. 4,
BL. 22, SC. C, ET. 2, AP. 84, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• IONEL MIHAI, STR. IZLAZ NR. 15,
CAMPINA, PH, RO;
• SACALA IOAN ȘTEFAN,
BD. CAMIL RESSU NR. 49, BL. H26, SC. B,
ET. 1, AP. 25, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;
• FLOREA GHEORGHE,
DRUMUL AGATULUI NR. 110, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO

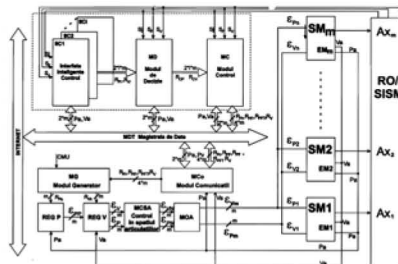
(54) METODĂ ȘI DISPOZITIV DE CONTROL HIBRID VITEZĂ
POZITIE, CU APLICAȚII LA PLATFORME INTELIGENTE
DE CONTROL

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un dispozitiv pentru controlul hibrid al vitezei și poziției, cu aplicații în cadrul platformelor inteligente de control în timp real al roboților și sistemelor mecatronice. Metoda conform invenției constă din aceea că, pentru controlul hibrid viteză-poziție a traiectoriei de mișcare în spațiu tridimensional, generată de un element efector final al unui robot sau sistem mecatronic, acționat pe m grade de libertate printr-un număr de m actuatore cu histerezis mecanic ridicat, se generează referințe de poziție incrementale, intermediare, pe secvențe de aproximări succesive, asociate cu controlul vitezei de mișcare a actuatorului, cu generarea de referințe de viteză incrementale pe respectivele secvențe de aproximări succesive, după un anumit algoritm, astfel încât mișcarea efectorului final, acționat de actuator sau de cele m actuatore pe gradele de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic, este numai pe direcția actuatorului, cu eliminarea oscilațiilor de mișcare pe traiectoria efectorului final. Dispozitivul conform invenției cuprinde: un număr de i interfețe inteligente de control, care primesc semnale de la niște senzori (S_i , S_F , S_V) de inerție, forță și vizuali, montați pe un robot sau sistem mecatronic, și semnale privind poziția actuală (P_a) și viteza actuală (V_a) a robotului sau sistemului mecatronic, un modul de decizie

(MD), un modul de control și un modul generator (MG), care generează referințe de poziție și de viteză, un modul magistrală de date (MDT) și un modul de comunicații (MC), precum și un regulator de poziție, un regulator de viteză, un modul de control în spațiul articulațiilor, un modul de conversie a semnalelor numerice în semnale analogice, și un număr de m servomotoare pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic, și robotul sau sistemul mecatronic comandat.

Revendicări: 5
Figuri: 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 de control hibrid viteza pozitie cu aplicatii la platforme inteligente de control

Invenția se referă la o metodă și dispozitiv de control hibrid viteza - pozitie a traiectoriei de miscare in spatiu 3D, generata de elementul efector final, al unui robot sau sistem mecatronic, actionat pe m grade de libertate de actuatore care au histerezis mecanic ridicat, cu aplicatii la platforma inteligenta de controlul in timp real al robotilor si sistemelor mecatronice.

Sunt cunoscute mai multe metode de control a traiectoriei de miscare in spatiu 3D, generata de elementul efector final, actionat pe m grade de libertate a robotilor si sistemelor mecatronice, dar toate aceste metode considera histerezisul actuatorelor, rezultat in principal din cauza reductoarelor aflate in lantul de actionare a structurii mecanice, mult mai mic decat eroarea de pozitionare, fara analiza sau modelarea lor.

Pentru sistemele mecatronice de precizie ridicata, actionate pe m grade de libertate cu reductor surub cu bile, precizia de pozitionare pentru avans unidirectional este sub $0,1 \mu\text{m}$, dar histerezisul mai mare de $1 \mu\text{m}$. In aceste conditii eroarea de pozitionare este mai mare $1 \mu\text{m}$ la miscare cu dublu sens. In plus, bucla de control de pozitie va avea suprareglaje si oscilatii mai mari de $1 \mu\text{m}$.

Alta aplicatie a sistemelor mecatronice de precizie ridicate este in cazul pozitionarii NEMS (Nano Electro Mechanical Systems) actionate cu reductoare armonice pentru pozitionare nanometrica. Apar aceleasi dificultati mentionate mai sus, dar pentru precizii de ordinul zecilor de nanometrii. Se considera, in prezenta inventie, un actuator cu histerezis mecanic ridicat, cum ar fi reductoare armonice, reductoarelor cu bile, reductoare cu roti dintate, reductoare cu surub – piulita, daca erorile de histerezis ale cuplajului mecanic sunt mai mari decat eroarea de pozitionare a actuatorului.

Dezavantajele acestor solutii constau in faptul ca nu analizeaza si nu modeleaza histerezisul introdus de reductoare sau alte cuplaje mecanice in lantul de actionare al segmentelor robotilor sau sistemelor mecatronice cu mai multe grade de libertate pentru pozitionari de precizie. In cazul preciziei de pozitionare in jur de $1 \mu\text{m}$, in care utilizarea reductoarelor armonice performante, ar asigura indeplinirea conditiilor de pozitionare, dar costul actionariilor pe m grade de libertate ar conduce la cresterea substantiala a costurilor robotului sau sistemului mecatronic.

Problema pe care o rezolvă invenția este aceea ca permite obtinerea preciziei ridicate pentru roboti sau sisteme mecatronice de tip NEMS, respectiv precizie ridicata la cost redus pentru roboti sau sisteme mecatronice de tip MEMS.

Metoda conform inventiei inlatura dezavantajele de mai sus prin aceea ca pentru controlul hibrid viteza-pozitie a traiectoriei de miscare in spatiu 3D generata de elementul efector final, al unui robot sau sistem mecatronic, actionat pe m grade de libertate print-un numar de m actuatore cu histerezis mecanic ridicat, se genereaza, in vederea atingerii pozitiei finale cu precizie ridicata, referinte de pozitie incrementale intermediare pe secvente de aproximari succesive, asociate cu controlul vitezei de miscare a actuatorului, cu generarea de referinte de viteza incrementale pe respectivele secvente de aproximari succesive, dupa un algoritm prezentat mai jos, astfel incat miscarea efectorului final, actionat de actuator sau m actuatore pe gradele de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM, este numai pe directia de miscare a actuatorului, cu eliminarea oscilatiilor de miscare pe traiectoria efectorului final, asigurand astfel, prin control hibrid viteza-pozitie, pozitionare de precizie, in spatiu 3D, la intrarea in gama de eroare de pozitionare corespunzatoare pozitiei finale a efectorului final, cu parcurgerea urmatoarelor faze:

(i) **procesarea** senzorilor de inertie S_j , senzorilor de forta S_F si senzorilor vizuali S_V in raport cu pozitia actuala P_a si viteza actuala V_a a robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM, de un numar de i



14 -11- 2016

interfetele inteligente de control, cum ar fi interfata neutrosfica de control inteligent IIC1, interfata Extenics de control inteligent IIC, interfata fuzzy de control inteligent IIC3, interfata neuronală de control inteligent IIC_i, unde *i* reprezintă numărul alocat interfeței inteligente de control, care **generează** referința de poziție R_{P_i} și referința de viteză R_{V_i} , pentru stabilitatea mișcării în spațiul 3D și navigarea în cazul roboților în medii necunoscute, într-o buclă de control în timp real de 5 ms la 500ms,

(ii) **procesarea** referinței de poziție R_{P_i} și referinței de viteză R_{V_i} , corespunzătoare interfețelor de control inteligent IIC1-IIC_i în raport cu senzorii de inerție S_j , senzorii de forță S_F , senzorii vizuali S_V , poziția actuală P_a și viteza actuală V_a a robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM, prin **modulul de decizie care generează** referința de control de poziție R_{CP} și referința de control de viteză R_{CV} prin aplicarea unor metode de decizie cum ar fi metoda Vladareanu-Snarandache, care aplică logica neutrosfica în controlul mișcării roboților, fuziunea informației, teoria DSMT (Dezert-Smarandache), teoria fuzzy, pentru a asigura stabilitatea optimă a mișcării în spațiul 3D fără rasturnarea robotului și navigarea optimă cu evitarea obstacolelor, în cazul mișcării roboților în medii necunoscute, într-o buclă de control în timp real de 5 ms la 500ms,

(iii) **procesarea** referinței de control de poziție R_{CP} , referinței de control de viteză R_{CV} în raport cu senzorii de inerție S_j , senzorii de forță S_F și senzorii vizuali S_V , poziția actuală P_a și viteza actuală V_a a robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM, prin **modulul de control MC care generează** referința de poziție inițială pentru un pas R_{PI} , referința de poziție finală pentru un pas R_{PF} , referința de poziție finală R_{PFT} pentru mișcarea de urmărire a traiectoriei și referința de viteză a efectorului final R_V , pentru controlul în timp real al efectorului final în spațiul articulațiilor robot sau sistem mecatronic, prin legi de control cum ar fi cinematica inversă prin aplicarea matricei inverse Jacobian, prin utilizarea sistemelor de inferență și rețele neuronale, în care control în timp real de poziție este de 1ms – 50ms, cu un raport minim de 3-10 ori între controlul în timp real de poziție față de controlul în timp real de stabilitate sau navigare optimă,

(iv) **se generează**, de modulul generator, referința de poziție intermediară k notată R_{P_k} pentru secvența $k=1$, prin divizarea cu $(2^n)^k$ a distanței dintre referința de poziție finală pentru un pas și referința de poziție inițială pentru un pas, unde $k=1-64$ reprezintă un index al secvenței de aproximări succesive, incrementat cu 1 unitate pentru fiecare secvență incrementală de aproximare, respectiv $n=0-64$ reprezintă factorul de divizare de la poziția țintă finală a efectorului final la referința de poziție actuală,

(v) **se generează**, de un modul generator, referința de viteză intermediară k notată R_{V_k} pentru secvența $k=1$, în care k are aceeași semnificație din faza (iv), prin divizarea cu $(2^m)^k$ a vitezei efectorului final pe care o are la începutul secvenței k pentru mișcare de decelerare a efectorului final și multiplicare cu $(2^m)^k$ a vitezei efectorului final pe care o are la începutul secvenței k pentru mișcare de accelerare, cu limitare la viteza minimă, respectiv maximă, caracteristică actuatorului, unde $m=0-64$ reprezintă factorul de divizare/multiplicare de viteză aplicat vitezei efectorului final pe fiecare secvență intermediară k ,

(vi) **se închide buclă de reacție viteză-poziție** prin modulul regulator de poziție REG P, cu valori actuale: poziția actuală P_a , referința de poziție incrementală din secvența k R_{P_k} , care generează eroarea de poziționare ε_{PP} , pentru controlul în poziție, prin modulul regulator de viteză REG V, cu valorile: viteză actuală V_a , referința de viteză incrementală din secvența k R_{V_k} , care generează eroarea de poziționare ε_P , pentru controlul în poziție cu durata controlului în timp real de poziție de 1ms-50ms și eroare de viteză ε_V pentru controlul în viteză, în care durata controlului în timp real de viteză are un raport minim de 3-10 mai mic față de durata controlului în timp real de poziție, **pană când eroarea de poziționare intra în gama eroare a poziției incrementală din secvența k ε_{P_k}** - definită ca parametru al prezentei metode,

(vii) **procesarea semnalelor** din buclă de control a efectorului final din secvența anterioară **prin** modulul regulator poziție, modulul regulator viteză, modulul control în spațiul articulațiilor, care realizează controlul în timp real în spațiul articulațiilor, pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic, **modulul de conversie analogică viteză și poziție**, care este un modul de ieșire analogic cu

14 -11- 2016

rolul de a realiza conversia semnalelor numerice in semnale analogice, pentru controlul erorii de pozitionare ε_{pm} si a erorii de viteza ε_{vm} a m servomotoare SM_m pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic, unde $s=1.... m$,

(viii) **daca pozitia actuala P_a** , prin copmaratie cu referinta de pozitie incrementală din secventa k R_{pk} , **intra** in gama eroare a pozitiei incrementală ε_{pk} , **se repeta fazele** (i)-(vii) prin incrementare k cu o unitate, **pana pozitia actuala P_a intra** in gama de eroare a pozitiei finale ε_f , definita ca precizie de pozitionare a prezentei metode,

(ix)) **daca pozitia actuala P_a** prin copmaratie cu referinta de pozitie finala pentru un pas R_{PF} pentru un pas intra in gama de eroare a pozitiei finale de pas ε_f si miscare efectorului final este **miscare pas cu pas**, respectiv semnalul comada a modului de urmarire (CMU) a traiectoriei elementului efector final nu este activ, se da comanda de stop miscare efector final si se asteapta o noua comanda de miscare,

(x) **daca nu este miscare pas cu pas si daca pozitia actuala P_a** prin copmaratie cu referinta de pozitie finala **pentru un pas** R_{PF} intra in gama de eroare a pozitiei finale de pas ε_f si miscare efectorului final este **miscare de urmarire a traiectoriei**, respectiv semnalul comada a modului de urmarire (CMU) a traiectoriei elementului efector final este activ, se repeta fazele (i)-(viii) prin generarea de modulul de control a unei noi referinta de pozitie initiala pentru un pas R_{PI} si a unei noi referinte de pozitie finala pentru un pas R_{PF} pentru o noua pozitie finala pentru un pas, **pana pozitia actuala P_a intra** in gama de eroare a pozitiei finale a traiectoriei ε_{ft} , definita ca precizie de pozitionare in miscarea de urmarire a traiectoriei a prezentei metode,

(xi) **daca este miscare de urmarire a traiectoriei si pozitia actuala P_a si daca** prin copmaratie cu referinta de pozitie finala pentru miscarea de urmarire a traiectoriei (R_{PFT}) intra in gama de eroare a pozitiei finale a traiectoriei ε_{ft} , se da comanda de stop miscare efector final si se asteapta o noua comanda de miscare.

Dispozitivul conform invenției înlătură dezavantajele menționate prin aceea că pentru controlul hibrid viteza-pozitie a traiectoriei de miscare in spatiu 3D generata de elementul efector final, al unui robot sau sistem mecatronic, actionat pe m grade de libertate print-un numar de m actuatori cu histerezis mecanic ridicat, in vederea atingerii pozitiei finale cu precizie ridicata, **este alcătuit:**

dintr-un numar de i interfetele inteligente de control, cum ar fi interfata neutrosfica de control inteligent IIC1, interfata Extenics de control inteligent IIC2, interfata fuzzy de control inteligent IIC3, interfata neuronală de control inteligent IIC i , care primesc semnalele senzorilor de inertie S_j , senzorilor de forta S_f si senzorilor vizuali S_v montati pe robot sau sistemul mecatronic RO/SISM, semnalele pozitia actuala P_a si viteza actuala V_a a robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM de la magistrala de date si **genereaza** referinta de pozitie (R_{pi}) si referinta de viteza (R_{vi}) la un modul de decizie, pentru stabilitatea miscarii in spatiul 3D si navigarea in cazul robotilor in medii necunoscute,

un modul de decizie care primeste semnale senzorilor de inertie S_j , senzorilor de forta S_f si senzori vizuali S_v montati pe robot sau sistemul mecatronic, semnalele pozitia actuala P_a si viteza actuala V_a a robotului sau sistemului mecatronic de la magistrala de date, semnalele referintei de pozitie R_{pi} si referintei de viteza R_{vi} de la interfetele de control inteligent IIC1-IIC i si **genereaza** referinta de control de pozitie (R_{CP}) referinta de control de viteza (R_{CV}) la un modulul de control pentru a asigura stabilitatea optima a miscarii in spatiul 3D fara rasturnarea robotului si navigarea optima cu evitarea obstacolelor in cazul miscarii robotilor in medii necunoscute,

un modul de control care primeste semnale senzorilor de inertie S_j , senzorilor de forta S_f si senzori vizuali S_v montati pe robot sau sistemul mecatronic RO/SISM, semnalele pozitia actuala P_a si viteza actuala V_a a robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM de la magistrala de date, semnale referinta de control de pozitie R_{CP} , referinta de control de viteza R_{CV} de la modulul de decizie, **genereaza** semnalele referinta de pozitie initiala pentru un pas R_{PI} , referinta de pozitie finala pentru un pas R_{PF} , referinta de pozitie finala R_{PFT} pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza R_v a efectorului final

la magistrala de date, pentru a realiza controlul in timp real al efectorului final in spatiul 3D prin legi de control cum ar fi cinematica inversa prin aplicarea matricei inverse Jacobian sau alte metode cum ar fi utilizarea sistemelor de inferenta si retele neuronale,

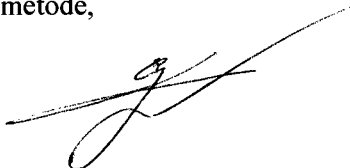
un modul magistrala de date, primeste *semnale* pozitia actuala P_a si viteza actuala V_a a robotului sau sistemului mecatronic de la modulul de comunicatii pe care le transmite la i interfetele inteligente de control, la modulul de decizie si la modulul de control, si *semnale* referinta de pozitie initiala pentru un pas R_{PI} , referinta de pozitie finala pentru un pas R_{PF} , referinta de pozitie finala R_{PFT} pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza R_V a efectorului final de la modulul de control pe care le transmite la modulul de comunicatii, cu rolul de a realiza transmiterea date inntre modulele conectate la magistrala de date,

un modul de comunicatii, cu rolul de introducere in reseaua de comunicatii a magistralei de date a semnalelor receptionate de la cele m servomotoare si de transmitere a semnalelor receptionate prin repetare (bufferizare) de la magistrala de date la modulul generator, primeste *semnale* pozitia actuala P_a si viteza actuala V_a a robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM de la m servomotoare de actionare ale actuatoarelor robotului sau sistemului mecatronic pe care, prin repetare (bufferizare), le transmite la magistrala de date, si *semnale* referinta de pozitie initiala pentru un pas R_{PI} , referinta de pozitie finala pentru un pas R_{PF} , referinta de pozitie finala R_{PFT} pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza R_V a efectorului final, de la magistrala de date, pe care le transmite prin repetare (bufferizare) la modulul generator,

un modul generator, care primeste *semnalele* referinta de pozitie initiala pentru un pas R_{PI} , referinta de pozitie finala pentru un pas R_{PF} , referinta de pozitie finala R_{PFT} pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza R_V a efectorului final de la modulul de comunicatii si **semnalul extern** control miscare urmarire (CMU) traiectorie a elementului efector final, care nu este activ pentru miscare *pas cu pas a* efectorului final, respectiv activ pentru *miscare de urmarire a traiectoriei* efectorului final, **genereaza** la modulul regulator de pozitie referinta de pozitie intermediara k R_{Pk} pentru secventa $k=1$, prin divizarea cu $(2^n)^k$ a distantei dintre referinta de pozitie finala pentru un pas (R_{PF}) si referinta de pozitie initiala pentru un pas (R_{PI}), unde $k=1-64$ reprezinta un index al secventei de aproximari succesive, incrementat cu 1 unitate pentru fiecare secventa incrementala de aproximare, respectiv $n=0-64$ reprezinta factorul de divizare de la pozitia tinta finala a efectorului final la referinta de pozitie actuala, si **genereaza** referinta de viteza intermediara k R_{V_k} pentru secventa $k=1$, in care k are aceiasi semnificatie, prin divizarea cu $(2^m)^k$ a vitezei efectorului final pe care o are la inceputul secventei k pentru miscare de decelerare a efectorului final si multiplicare cu $(2^m)^k$ a vitezei efectorului final pe care o are la inceputul secventei k pentru miscare de accelerare, cu limitare la viteza minima, respectiv maxima, caracteristica actuatorului, unde $m=0-64$ reprezinta factorul de divizare/multiplicare de viteza aplicat vitezei efectorului final pe fiecare secventa intermediara k , la modulul regulator de viteza, cu incrementarea indexului de secventa de aproximari succesive conform prezentei metodei,

un regulator de pozitie primeste *semnalul* pozitia actuala P_a de la m servomotoare de actionare ale actuatoarelor robotului sau sistemului mecatronic, *semnalul* referinta de pozitie incrementala din secventa k R_{Pk} de la modulul generator si **genereaza** eroarea de pozitionare ϵ_{PP} pentru controlul in pozitie, cu rolul de control pozitie a efectorului final conform prezentei metode,

un regulator de viteza primeste *semnalul* viteza actuala V_a a robotului sau sistemului mecatronic de la m servomotoare de actionare ale actuatoarelor robotului sau sistemului mecatronic, *semnalul* referinta de viteza incrementala din secventa k R_{V_k} de la modulul generator, *semnalul* eroarea de pozitionare ϵ_{PP} de la modulul regulator de pozitie, si **genereaza** eroarea de pozitionare ϵ_P , pentru controlul in pozitie cu durata controlului in timp real de pozitie de 1ms-50ms si eroare de viteza ϵ_V pentru controlul in viteza, in care durata controlului in timp real de viteza are un raport minim de 3-10 mai mic fata durata controlului in timp real de pozitie, cu rolul de control hibrid viteza-pozitie a efectorului final conform prezentei metode,



un modulul control in spatiul articulatiilor primeste eroarea de pozitionare ε_p , si eroare de viteza ε_v pentru controlul in viteza de la regulatorul de viteza si **genereaza** eroarea de pozitionare ε_{pN} numerica si eroarea de viteza ε_{vN} numerica a m servomotoare SM_m pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM, cu rolul de controlul in timp real in spatiul articulatiilor pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic,

un modul de conversie analogica viteza si pozitie, primeste eroarea de pozitionare numerica ε_{pN} si eroarea de viteza numerica ε_{vN} si genereaza, cu rolul de conversia a semnalelor numerice in semnale analogice pentru controlul erorii de pozitionare ε_{pm} si a erorii de viteza ε_{vm} a m servomotoare SM_m pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic,

un numar de m servomotoare pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic, primesc eroarea de pozitionare ε_{pm} si a eroarea de viteza ε_{vm} de la modulul de conversie analogica viteza si pozitie, **genereaza semnale** pozitia actuala P_a si viteza actuala V_a a robotului sau sistemului mecatronic la modulul de comunicatii, pozitia actuala P_a la regulatorul de pozitie, viteza actuala V_a la regulatorul de viteza si **actioneaza** actuatorile Ax_m pe cele m grade de libertate cu rolul de control in timp real, in bucla inchisa, pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic conform prezentei metode,

un robot sau sistemul mecatronic, compus din structura mecanica robot sau sistem mecatronic RO/SISM cu m grade de libertate si m actuatore, actionate de un numar de m servomotoare, pe care sunt montati senzorii care genereaza semnalele de la senzorii de inertie S_j , senzorii de forta S_F si senzorii vizuali S_V , procesate in timp real de interfetele de control inteligent IIC, modulul de decizie MD si modulul de control MC pentru a genera in timp real valorile actuale pentru referinta de pozitie initiala pentru un pas R_{pi} , referinta de pozitie finala pentru un pas R_{PF} , referinta de pozitie finala R_{PFT} pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza R_v a efectorului final.

Inventia prezinta avantajele determinării cu precizie de pozitionare nanometrica a traiectoriei de miscare, in spatiu 3D, generata de elementul efector final, actionat pe m grade de libertate ale robotilor si sistemelor mecatronice din categoria NEMS, prin controlul hibrid viteza-pozitie conform inventiei. Pentru pozitionarea traiectoriei de miscare, in spatiu 3D, generata de elementul efector final, actionat pe m grade de libertate ale robotilor si sistemelor mecatronice din categoria MEMS, prin controlul hibrid viteza-pozitie conform inventiei, se asigura precizie micrometrica cu reducerea costurilor in realizarea structurii mecanice si a actionarii robotilor sau sistemelor mecatronice.

Se da in continuare un exemplu de realizare a inventiei in legatura cu fig.1 care prezinta o schema de principiu a dispozitivului.

Metoda si dispozitivul, conform inventiei, pentru controlul hibrid viteza-pozitie a traiectoriei, de miscare in spatiu 3D, generata de elementul efector final al unui robot sau sistem mecatronic, actionat pe m grade de libertate print-un numar de m actuatore cu histerezis mecanic ridicat, in vederea atingerii pozitiei finale cu precizie ridicata, **sunt alcătuit** dintr-un numar de 12 module cu functionarea prezentata mai jos.

Un numar de i interfetele inteligente de control care primesc semnale senzorialor de inertie S_j , senzorialor de forta S_F si senzorialor vizuali S_V montati pe robot sau sistemul mecatronic RO/SISM, semnalele pozitia actuala P_a si viteza actuala V_a a robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM de la magistrala de date si **genereaza** referinta de pozitie R_{pi} si referinta de viteza R_{vi} la un modul de decizie, pentru stabilitatea miscarii in spatiul 3D si navigarea in cazul robotilor in medii necunoscute. Interfetele inteligente de control pot fi interfete neutrosifice de control inteligent IIC1, interfata Extenics de control inteligent IIC2, interfata fuzzy de control inteligent IIC3, interfata neuronală de control inteligent IICi.

Un exemplul este interfata Extenics de control inteligent, pentru stabilitatea miscarii in spatiul 3D, care integreaza meoda de control in timp real a robotilor prin aplicarea teoriei **Extenics** de rezolvare a problemelor contradictorii. Problema contradictorie viteza-pozitie privin controlul in timp real al

miscarii robotilor sau sistemelor mecatronice are la baza teoria Cai Wen - fondatorul teoriei Extenics. Folosind teoriile dezvoltate în paralel de Smarandache și Șandru, privind lucrul cu funcția de dependență în spații n-dimensionale, se obține o expresie unitară a funcției de dependență pentru controlul viteza- pozitie al actuatorilor robotilor. **Controlul extins** are ca obiectiv aducerea valorii procesului (poziția efectorului final al robotului sau sistemului mecatronic) către convergență în jurul valorii de referință a sistemului. Eroarea inițială și lipsa convergenței reprezintă incompatibilitatea problemei de extenică care este măsurată de funcția de dependență, respectiv proprietatea convergenței pentru sistem este egală cu câmpul tranzitiv pozitiv. **Interfata Extenics de control inteligent**, implementează metodele teoriei extenicii într-o structură de control fuzzy cu două intrări, având scopul de a îmbunătăți calitatea de control în ceea ce privește indicatorii de control clasic (stabilitatea sistemului, timp de stabilizare, suprareglaj, curent utilizat, etc), precum și robustețea și ușurința de implementare. Bazat pe modelarea tehnicii de control, utilizând norme ale Extenicii și spațiu nD, se obține generarea referinței de poziție R_{p_i} și referinței de viteză R_{v_i} prin control extins cu netezire fuzzy și control extins îmbunătățit al actuatorilor robotice în sisteme multi-senzor.

Un modul de decizie, primește *semnale* senzorilor de inerție S_j , senzorilor de forță S_F și senzori vizuali S_V montați pe robot sau sistemul mecatronic, *semnalele* poziția actuală P_a și viteza actuală V_a a robotului sau sistemului mecatronic de la magistrala de date, *semnalele* referinței de poziție R_{p_i} și referinței de viteză R_{v_i} de la interfețele de control inteligent IICi și **generează** referința de control de poziție R_{CP} , referința de control de viteză R_{CV} , la *un modulul de control* pentru a asigura stabilitatea optimă a miscării în spațiul 3D fără rasturnarea robotului și navigarea optimă cu evitarea obstacolelor în cazul miscării robotilor în medii necunoscute. Stabilitatea optimă se asigură prin controlul în timp real a semnalelor de intrare în vederea controlului priorităților, monitorizarea schimbului de informații între interfețele de control inteligent și aplicarea unor metode de decizie în stabilirea interfeței inteligente de control, din cele i interfețe, care va genera referința de control de poziție R_{CP} , referința de control de viteză R_{CV} . Exemplul de metodă de decizie este metoda Vladareanu-Smarandache care aplică logica neutrosofică în controlul miscării robotilor. Alte metode sunt: fuziunea informației, teoria DSMT (Dezert-Smarandache), teoria fuzzy.

un modul de control care primește *semnale* senzorilor de inerție S_j , senzorilor de forță S_F și senzori vizuali S_V montați pe robot sau sistemul mecatronic RO/SISM, *semnalele* poziția actuală P_a și viteza actuală V_a a robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM de la magistrala de date, *semnale* referința de control de poziție R_{CP} , referința de control de viteză R_{CV} de la modulul de decizie, **generează** semnalele referința de poziție inițială pentru un pas R_{p_i} , referința de poziție finală pentru un pas $R_{p_{PF}}$, referința de poziție finală $R_{p_{FT}}$ pentru miscarea de urmărire a traiectoriei și referința de viteză R_v a efectorului final la magistrala de date, pentru a realiza controlul în timp real al efectorului final în spațiul 3D prin legi de control cum ar fi cinematica inversă prin aplicarea matricei inverse Jacobian sau alte metode cum ar fi utilizarea sistemelor de inferență și rețele neuronale.

Ca exemplul este acela al utilizării sistemelor de inferență și rețele neuronale. Procesul de cinematică inversă poate deveni complex matematic pentru sisteme de manipatoare de ordin înalt. Trebuie ținut cont și de faptul că, în timp ce cinematica directă duce la o soluție validă unică, în cazul cinematicii inverse se pot obține soluții multiple care conduc la instabilități majore în controlul robotului. Această abordare nu necesită cunoaștere matematică a sistemului, cu excepția datelor de intrare în ANFIS care sunt generate prin rularea cinematicii directe pe intervalul posibil de valori ale unghiurilor articulațiilor. Algoritmul învață apoi să reproducă unghiuri similare pentru o poziție carteziană dorită. Timpul de execuție se reduce la nivelul micro-secundelor la execuția pe sisteme computerizate, ceea ce îl face foarte performant pentru aplicații integrate pe sisteme cu logica programată (PLC) de comandă și control.

Un modul magistrala de date, primește *semnale* P_a și V_a ale robotului sau sistemului mecatronic de la modulul de comunicații pe care le transmite la i interfețele inteligente de control, la



14-11-2016

modulul de decizie si la modulul de control, si *semnale* referinta de pozitie initiala pentru un pas R_{PI} , referinta de pozitie finala pentru un pas R_{PF} , referinta de pozitie finala R_{PFT} pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza R_V a efectorului final de la modulul de control pe care le transmite la modulul de comunicatii, cu rolul de a realiza transmiterea date inntre modulele conectate la magistrala de date,

Un modul de comunicatii, cu rolul de introducere in retea de comunicatii a magistralei de date a semnalelor receptionate de la cele m servomotoare si de transmitere a semnalelor receptionate prin repetare (bufferizare) de la magistrala de date la modulul generator. Acesta primeste *semnale* P_a si V_a ale robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM de la m servomotoare de actionare pe care, prin repetare (bufferizare), le transmite la magistrala de date si *semnale* referinta de pozitie initiala pentru un pas R_{PI} , referinta de pozitie finala pentru un pas R_{PF} , referinta de pozitie finala R_{PFT} pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza R_V a efectorului final, de la magistrala de date, pe care le transmite prin repetare (bufferizare) la **modulul generator**.

Un modul generator, care primeste *semnalele* referinta de pozitie initiala pentru un pas R_{PI} , referinta de pozitie finala pentru un pas R_{PF} , referinta de pozitie finala R_{PFT} pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza R_V a efectorului final de la modulul de comunicatii. Modulului generator se aplica un **semnalul extern**, control miscare urmarire (CMU) traiectorie a elementului efector final, Acest semnal nu este activ pentru miscare *pas cu pas a* efectorului final, respectiv este activ pentru *miscare de urmarire a traiectoriei* efectorului final. In plus, pentru unele aplicatii dispozitivul poate fi construit numai pentru miscare *pas cu pas a* efectorului final sau numai pentru *miscare de urmarire a traiectoriei* efectorului final, cu CMU valoare fixa, intriseca dispozitivului.

Modulul generator transmite la modulul regulator de pozitie referinta de pozitie intermediara k R_{Pk} pentru secventa $k=1$, prin divizarea cu $(2^n)^k$ a distantei dintre referinta de pozitie finala pentru un pas (R_{PF}) si referinta de pozitie initiala pentru un pas (R_{PI}), unde $k=1-64$ reprezinta un index al secventei de aproximari succesive, incrementat cu 1 unitate pentru fiecare secventa incrementală de aproximare, respectiv $n=0-64$ reprezinta factorul de divizare de la pozitia tinta finala a efectorului final la referinta de pozitie actuala.

De asemenea transmite la modulul regulator de viteza referinta de viteza intermediara k R_{Vk} pentru secventa $k=1$, in care k are aceiasi semnificatie, prin divizarea cu $(2^m)^k$ a vitezei efectorului final pe care o are la inceputul secventei k pentru miscare de decelerare a efectorului final si multiplicare cu $(2^m)^k$ a vitezei efectorului final pe care o are la inceputul secventei k pentru miscare de accelerare, cu limitare la viteza minima, respectiv maxima, caracteristica actuatorului, cu limitare la viteza minima, respectiv maxima, caracteristica actuatorului, unde $m=0-64$ reprezinta factorul de divizare/multiplicare de viteza aplicat vitezei efectorului final pe fiecare secventa intermediara k , cu incrementarea indexului de secventa de aproximari succesive conform prezentei metodei.

Regulator de pozitie, poate fi un regulator PID cu *semnalul* pozitia actuala P_a de la m servomotoare de actionare ale actuatorilor robotului sau sistemului mecatronic, *semnalul* referinta de pozitie incrementală din secventa k R_{Pk} de la modulul generator. Este inclus in bucla de pozitie si **genereaza** eroarea de pozitionare ε_{pp} , cu rolul de control pozitie a efectorului final si cu referinta de pozitie generata prin aproximari succesive, conform prezentei metode.

Regulator de viteza, primeste *semnalul* viteza actuala V_a a robotului sau sistemului mecatronic de la m servomotoare de actionare ale actuatorilor robotului sau sistemului mecatronic, *semnalul* referinta de viteza incrementală din secventa k R_{Vk} de la modulul generator, *semnalul* eroarea de pozitionare ε_{pp} de la modulul regulator de pozitie. Este inclus in bucla de viteza si **genereaza** eroarea de pozitionare ε_p , pentru controlul in pozitie cu durata controlului in timp real de pozitie de 1ms-50ms si eroare de viteza ε_v pentru controlul in viteza, in care durata controlului in timp real de viteza are un raport minim de 3-10 mai mic fata durata controlului in timp real de pozitie, cu rolul de control hibrid viteza-pozitie a efectorului final conform prezentei metode.



Modulul control in spatiul articulatiilor primeste eroarea de pozitionare ε_p , si eroare de viteza ε_v pentru controlul in viteza de la regulatorul de viteza, proceseaza aceste semnale prin aplicarea coeficientilor de proportionalitate, integrare si derivare pentru adaptare la sarcinile variabile ale servomotoarelor. **Genereaza** eroarea de pozitionare ε_{pN} numerica si eroarea de viteza ε_{vN} numerica a m servomotoare SM_m pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic RO/SISM, pentru inchiderea buclei de reactie viteza-pozitie in timp real in spatiul articulatiilor pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic.

Modulul de conversie analogica viteza si pozitie, primeste eroarea de pozitionare numerica ε_{pN} si eroarea de viteza numerica ε_{vN} si realizeaza conversia semnalelor numerice in semnale analogice pentru controlul erorii de pozitionare ε_{pm} si a erorii de viteza ε_{vm} a m servomotoare SM_m pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic.

Un **numar de m servomotoare pe cele m grade de libertate** ale robotului sau sistemului mecatronic, primesc eroarea de pozitionare ε_{pm} si a eroarea de viteza ε_{vm} de la modulul de conversie analogica viteza si pozitie, **genereaza semnale** P_a si V_a ale robotului sau sistemului mecatronic la modulul de comunicatii si la regulatorul de viteza si **actioneaza** actuatorile Ax_m pe cele m grade de libertate cu rolul de control in timp real, in bucla inchisa, pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic conform prezentei metode.

Un **robot sau sistemul mecatronic**, compus din structura mecanica robot sau sistem mecatronic RO/SISM cu m grade de libertate si m actuatori, actionate de un numar de m servomotoare, pe care sunt montati senzorii, care genereaza semnalele S_j, S_F si S_V, procesate in timp real de interfetele de control inteligent IIC_i, modulul de decizie MD si modulul de control MC, pentru a genera in timp real valorile actuale pentru referinta de pozitie initiala pentru un pas R_{PI}, referinta de pozitie finala pentru un pas R_{PF}, referinta de pozitie finala R_{PFT} pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza R_V a efectorului final.

Glosar de termeni

Semnale

S_j senzorii de inertie

S_F senzorii de forta

S_V senzorii vizuali

i numarul alocat interfetei inteligente

de control REG P modulul regulator de pozitie

P_a pozitia actuala

V_a viteza actuala a robotului sau sistemului mecatronic

R_{PI} referinta de pozitie a interfetelor de control

R_{VI} referinta de viteza a interfetelor de control

R_{CP} referinta de control de pozitie a modulului de decizie

R_{CV} referinta de control de viteza a modulului de decizie

R_{PI} referinta de pozitie initiala **pentru un pas**

R_{PF} referinta de pozitie finala **pentru un pas**

R_{PFT} referinta de pozitie finala pentru miscarea de urmarire a traiectoriei

R_V referinta de viteza a efectorului final

R_{pk} referinta de pozitie incrementală din secventa k

m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic

ε_{ps} eroare de pozitionare de pas

ε_{vs} eroare de viteza

$s=1... m$

ε_f eroare a pozitiei **finala de pas**

ε_{ft} eroare a pozitiei finale a traiectoriei

CMU comanda a modulului de urmarire a traiectoriei elementului efector final

Ax_m actuatorii robotului sau sistemului mecatronic

Module

IIC1 interfete neutrosifice de control inteligent

IIC2 interfata Extenics de control inteligent

IIC3 interfata fuzzy de control inteligent

IIC_i interfata neuronală de control inteligent

Ro/SISM robot / sistem mecatronic

R_{CP} modul de decizie genereaza

MC modul de control

REG V modulul regulator de viteza

R_{vk} referinta de viteza intermediara din secventa k	MCSA modulul control in spatiul articulatiilor
ε_{PP} eroarea de pozitionare REG P	MOA modulul de conversie analogica viteza si pozitie,
ε_P eroarea de pozitionare REG V	SM_m servomotoare
ε_V eroare de viteza REG V	RO/SISM robot sau sistem mecatronic
ε_{Pk} eroare a pozitiei incrementala din secventa k	

Bibliografie

1. Robin R. Murphy, "Human-Robot Interaction in Rescue Robotics", IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics, Part C, vol.34, no. 2, pp.138-158, 2004. Yu, Proceedings of the Romanian Academy, Series A, Volume10, Number 1, 2009
2. F. Smarandache & M. Khoshnevisan, Fuzzy Logic, Neutrosophic Logic, and Applications, 2003 BISC FLINT-CIBI International Joint Workshop on Soft Computing for Internet and Bioinformatics, University of California - Berkeley, December 15, 2003;
3. Cai Wen. Extension Set and Non-Compatible Problems, Journal of Scientific Exploration, 1983, (1): 83-97
4. Applications de la DSMT en pistage et robotique, by J. Dezert, Seminar at Institute Henri Poincaré, 11 Rue Pierre et Marie Curie, 75005 Paris, France, 22 January, 3-4 p.m., 2008; <http://lastre.asso.fr/aubin/Sem-Viab-cont.html>
5. Ovidiu Ilie Șandru, Luige Vlădăreanu, Paul Șchiopu, Victor Vlădăreanu, Alexandra Șandru, Multidimensional Extenics Theory, U.P.B. Sci. Bull., Series A, Vol. 75, Iss. 1, 2013, ISSN 1223-7027
6. Jimmy Or, A hybrid CPG–ZMP control system for stable walking of a simulated flexible spine humanoid robot, Neural Networks, Volume 23, Issue 3, April 2010, Pages 452-460, ISSN 0893-6080
7. **Nicolae Pop, Luige Vladareanu**, Ileana Nicoleta Popescu, Constantin Ghiță, **Ionel-Alexandru GAL**, Shuang Cang, Hongnian Yu, Vasile Bratu, Mingcong Deng, "A numerical dynamic behaviour model for 3D contact problems with friction", *Computational Materials Science*, Volume 94, November 2014, Pages 285-291, ISSN 0927-0256, <http://dx.doi.org/10.1016/j.commatsci.2014.05.072>.
8. **Vlădăreanu V.**, Schiopu P., Sandru O.I. and **Vlădăreanu L.**, "Advanced Intelligent Control Methods în Open Architecture Systems for Cooperative Works on 4 Nano-Micro-Manipulators Platform", acceptat publicare SPIE
9. **Vladareanu Luige**, Hongnian Yu, **Ionel-Alexandru GAL**, Mincong Deng. "Improvement of the the Walking Robot Dynamic stability using the dsmt and neutrosophic logic", Proceedings of the 2014 International Conference on Advanced Mechatronic Systems, Kumamoto, Japan, August10-12, 2014, pg. 43-48, ISBN 978-1-4799-6380-5, 2014 IEEE, ISI Proceedings, 10.1109/ICAMEchS.2014.6911621
10. **Vlădăreanu V.**, **Schiopu P.**, Deng M., Yu H., "Intelligent Extended Control of the Walking Robot Motion", Proceedings of the 2014 International Conference on Advanced Mechatronic Systems, Kumamoto, Japan, August10-12, 2014, pg. 489-495, ISBN 978-1-4799-6380-5, 2014 IEEE, ISI Proceedings, 10.1109/ICAMEchS.2014.6911621
11. Chacko Vivek, Hongnian Yu, Shuang Cang, **Vladareanu Luige**, "State of the Art in Excavators", Proceedings of the 2014 International Conference on Advanced Mechatronic



- Systems, Kumamoto, Japan, August10-12, 2014, pg. 481-488, ISBN 978-1-4799-6380-5, 2014 IEEE, ISI Proceedings, 10.1109/ICAMechS.2014.6911621
12. **Vlădăreanu V., Schiopu P., Sandru O.I. and Vlădăreanu L.**, “Advanced Intelligent Control Methods in Open Architecture Systems for Cooperative Works on 4 Nano-Micro-Manipulators Platform”, ATOM-N2014 Conference, The 7th edition of the International Conference "Advanced Topics in Optoelectronics, Microelectronics and Nanotechnologies", ISI Proceedings
 13. **D. Bucur, L. Vlădăreanu, H. Yu, X. Zhao, St. Dumitru**, “Hybrid Force-Position Humanoid Hand Control in 3D Virtual Environment”, The VIth International Conference on Robotics, 2014, ISBN 978-0-00001-975-2
 14. **L. Vlădăreanu**, “Versatile Intelligent Portable Rescue Robot Platform through the Adaptive Networked Control”, Proceedings of 5th European Conference of MECHANICAL ENGINEERING, 5th European Conference of MECHANICAL ENGINEERING, Florenc, Italy, 22-24 11.2014, ISSN 2227 – 4596
 15. **Bruja Adrian; Ionel-Alexandru GAL; Vladareanu Luige;** Yu Hongnian; Wang Hongbo; Liu Jingjing, "The stability performances improvement through kinematic and dynamic modeling of the hopping robots," 2014 UKACC International Conference on Control (CONTROL 2014), Loughborough, U.K., 9-11 July 2014, pg.492-497, IEEE, doi: 10.1109/CONTROL.2014.6915189, ISBN 978-1-4799-2518-6.
 16. Jingjing Liu, Hongbo Wang, Hongnian Yu, Lili Zhang, **Luige Vladareanu, Adrian Bruja, Ionel-Alexandru GAL** “Design of a new solution for the wheeled hopping robot”, 2014 UKACC International Conference on Control (CONTROL 2014), Loughborough, U.K., 9-11 July 2014, pg.720-724, IEEE, doi: 10.1109/CONTROL.2014.6915189, ISBN 978-1-4799-2518-6.
 17. **Luige Vladareanu, Octavian Melinte,** Adrian Bruja, Shuang Cang , Hongnian Yu, Hongbo Wang, Xiaojie Wang, Zeng-Guang Hou, Xiao-Liang Xie, *Haptic interfaces for the rescue walking robots motion in the disaster areas*, 2014 UKACC International Conference on Control (CONTROL 2014), Loughborough, U.K., 9-11 July 2014, pg. 498 - 503, IEEE, doi: 10.1109/CONTROL.2014.6915189, ISBN 978-1-4799-2518-6.
 18. Xiaojie Wang, Xiaoyun Wang, Hongnian Yu, Hongbo Wang, Ling Lu, **Luige Vladareanu and Octavian Melinte**, „Kinematics analysis for the leg mechanism of a wheel-leg hybrid rescue robot”, 2014 UKACC International Conference on Control (CONTROL 2014), Loughborough, U.K., 9-11 July 2014, pg. 369 - 373, IEEE, doi: 10.1109/CONTROL.2014.6915189, ISBN 978-1-4799-2518-6
 19. **Vlădăreanu V., Schiopu P.,** Cang S, Yu H, Deng M., “Enhanced Extenics Controller for Real Time Control of Rescue Robot Actuators”, 2014 UKACC International Conference on Control (CONTROL 2014), Loughborough, U.K., 9-11 July 2014, pg. 725 - 730, IEEE, doi: 10.1109/CONTROL.2014.6915189, ISBN 978-1-4799-2518-6
 20. **Stefan A. Dumitru, Luige Vlădăreanu,** Tianhong Yan, Chenkun Qi, “Mobile Robot Navigation Techniques Using Potential Field Method in Unknown Environments”, 2014, Applied Mechanics and Materials, 656, pp. 388-394, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.656.388.



REVENDICARI

1. Metodă de control hibrid, viteza - pozitie, a traiectoriei de miscare in spatiu 3D generata de elementul efector final, al unui robot sau sistem mecatronic, actionat pe m grade de libertate print-un numar de m actuatoare cu histerezis mecanic ridicat, metoda care permite atingerea pozitiei finale cu precizie ridicata **prin generarea** de referinte de pozitie incrementale intermediare pe secvente de aproximari succesive, asociate cu controlul vitezei de miscare a actuatorului, astfel incat miscarea efectorului final, actional de actuatoare pe gradele de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic, este numai pe directia de miscare a actuatorului, asigurand astfel pozitionare de precizie in spatiul 3D, la intrarea in gama de eroare de pozitionare corespunzatoare pozitiei finale a efectorului final, **caracterizată prin aceea că** are în alcătuire etapele:

(i) **procesarea** senzorialor de inertie (S_j), senzorialor de forta (S_F) si senzorialor vizuali (S_V) in raport cu pozitia actuala (P_a) si viteza actuala (V_a) a robotului sau sistemului mecatronic (**RO/SISM**) printr-un numar de i **interfetele inteligente de control (IICi)**, unde i reprezinta numarul alocat interfetei inteligente de control, care **genereaza** referinta de pozitie (R_{Pi}) si referinta de viteza (R_{Vi}), pentru stabilitatea miscarii in spatiul 3D si navigarea in cazul robotilor in medii necunoscute, intr-o bucla de control in timp real de 5 ms la 500ms,

(ii) **procesarea** referintei de pozitie (R_{Pi}) si referintei de viteza (R_{Vi}), corespunzatoare interfetei de control inteligent (**IIC1 - IICi**) in raport cu senzorii de inertie (S_j), senzorii de forta (S_F) si senzorii vizuali (S_V), pozitia actuala (P_a) si viteza actuala (V_a) a robotului sau sistemului mecatronic (**RO/SISM**), prin **modulul de decizie (MD) care genereaza** referinta de control de pozitie (R_{CP}) si referinta de control de viteza (R_{CV}) prin aplicarea unor metode de decizie cum ar fi metoda Vladareanu-Snarandache care aplica logica neutrosifica in controlul miscarii robotilor, fuziunea informatiei, teoria DSMT (Dezert-Smarandache), teoria fuzzy, pentru stabilitatea miscarii in spatiul 3D si navigarea in cazul robotilor in medii necunoscute, intr-o bucla de control in timp real de 5 ms la 500ms,

(iii) **procesarea** referinta de control de pozitie (R_{CP}), referinta de control de viteza (R_{CV}) in raport cu senzorii de inertie (S_j), senzorii de forta (S_F) si senzorii vizuali (S_V), pozitia actuala (P_a) si viteza actuala (V_a) a robotului sau sistemului mecatronic (**RO/SISM**), prin **modulul de control (MC)** care **genereaza** referinta de pozitie initiala pentru un pas (R_{Pi}), referinta de pozitie finala pentru un pas (R_{PF}), referinta de pozitie finala pentru miscarea de urmarire a traiectoriei (R_{PFT}) si referinta de viteza a efectorului final (R_V), pentru controlul in timp real al efectorului final in spatiul articulatiilor robot sau sistem mecatronic, prin legi de control cum ar fi cinematica inversa prin aplicarea matricei inverse Jacobian, prin utilizarea sistemelor de inferenta si retele neuronale, in care control in timp real de pozitie este de 1ms - 50ms, cu un raport minim de 3-10 ori intre controlul in timp real de pozitie fata de controlul in timp real de stabilitate sau navigare optima,

(iv) **se genereaza**, de modulul generator (**MG**), referinta de pozitie intermediara k (R_{Pk}) pentru secventa $k=1$, prin divizarea cu $(2^n)^k$ a distantei dintre referinta de pozitie finala (R_{PF}) pentru un pas si referinta de pozitie initiala pentru un pas (R_{Pi}), unde $k=1-64$ reprezinta un index al secventei de aproximari succesive, incrementat cu 1 unitate pentru fiecare secventa incrementală de aproximare, respectiv $n=0-64$ reprezinta factorul de divizare de la pozitia tinta finala a efectorului final la referinta de pozitie actuala,

(v) **se genereaza**, de un modul generator (**MG**), referinta de viteza intermediara k (R_{V_k}) pentru secventa $k=1$, in care k are aceiasi semnificatie din faza (iv), prin divizarea cu $(2^m)^k$ a vitezei efectorului final pe care o are la inceputul secventei k pentru miscare de decelerare a efectorului final si multiplicare cu $(2^m)^k$ a vitezei efectorului final pe care o are la inceputul secventei k pentru miscare de accelerare, cu limitare la viteza minima, respectiv maxima, caracteristica actuatorului, unde $m=0-64$ reprezinta factorul de divizare/multiplicare de viteza aplicat vitezei efectorului final pe fiecare secventa intermediara k ,

(vi) *se inchide bucla de reactie viteza-pozitie* prin modulul regulator de pozitie (**REG P**) pentru controlul in pozitie, cu valori actuale: pozitia actuala (P_a), referinta de pozitie incrementală din secventa k (R_{Pk}), care **genereaza** eroarea de pozitionare (ϵ_{pp}), **prin** modulul regulator de viteza (**REG V**) pentru controlul in viteza, cu valorile: viteza actual (V_a), referinta de viteza incrementală din secventa k (R_{V_k}), care **genereaza** eroarea de pozitionare (ϵ_p), pentru controlul in pozitie cu durata controlului in timp real de pozitie de 1ms-50ms si eroare de viteza (ϵ_v) pentru controlul in viteza, in care durata controlului in timp real de viteza are un raport minim de 3-10 mai mic fata durata controlului in timp real de pozitie, **pana cand eroarea de pozitionare intra in gama eroare a pozitiei incrementală din secventa k (ϵ_{pk})** - definita ca parametru al prezentei metode,

(vii) **procesarea semnalelor** din bucla de control a efectorului final din secventa anterioara **prin** modulul regulator pozitie (**REG P**), modulul regulator viteza (**REG V**), modulul control in spatiul articulatiilor (**MCSA**) care realieaza controlul in timp real in spatiul articulatiilor pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic, modulul de conversie analogica viteza si pozitie (**MOA**), care este un modul de iesire analogic cu rolul de a realiza conversia semnalelor numerice in semnale analogice **pentru controlul** (ϵ_{pm}) erorii de pozitionare si a (ϵ_{vm}) erorii de viteza a m (**SM_m**) servomotoare pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic (**RO/SISM**), unde $s=1.... m$,

(viii) *daca pozitia actuala (P_a)*, prin copmaratie cu referinta de pozitie incrementală din secventa k (R_{Pk}), *intra* in gama erorii pozitiei incrementală (ϵ_{pk}), *se repeta fazele* (i)-(vii), prin incrementare k cu o unitate, *pana pozitia actuala (P_a) intra* in gama de **eroare a pozitiei finala de pas** (ϵ_j), definita ca precizie de pozitionare a prezentei metode,

(ix)) **daca pozitia actuala (P_a)** prin copmaratie cu referinta de pozitie finala pentru un pas (R_{PF}) intra in gama de eroare a pozitiei finala de pas (ϵ_j) si miscare efectorului final este **miscare pas cu pas**, respectiv semnalul (**CMU**) de comada a modului de urmarire traiectorie nu este activ, se da comanda de stop miscare efector final si se asteapta o noua comanda de miscare,

(x) *daca nu este miscare pas cu pas si daca (P_a) pozitia actuala* prin copmaratie cu referinta de pozitie finala pentru un pas (R_{PF}) intra in gama de eroare a pozitiei finala de pas (ϵ_j) si miscare efectorului final este **miscare de urmarire a traiectoriei**, respectiv *semnalul* comada a modului de urmarire a traiectoriei elementului efector final (**CMU**) este activ, *se repeta fazele* (i)-(viii) prin generarea de modulul de control (**MC**) a unei noi referinta de pozitie initiala pentru un pas (R_{PI}) si a unei noi referinte de pozitie finala pentru un pas (R_{PF}) pentru o noua pozitie finala de pas, **pana pozitia actuala (P_a) intra** in gama de **eroare a pozitiei finale a traiectoriei** (ϵ_{β}), definita ca precizie de pozitionare in miscarea de urmarire a traiectoriei a prezentei metode,

(xi) *daca este miscare de urmarire a traiectoriei si pozitia actuala (P_a) si daca* prin copmaratie cu referinta de pozitie finala pentru miscarea de urmarire a traiectoriei (R_{PFT}) intra in gama de eroare a pozitiei finale a traiectoriei (ϵ_{ft}), se da comanda de stop miscare efector final si se asteapta o noua comanda de miscare.

2. Metodă, conform revendicarii 1, **caracterizată prin aceea că**, miscarea efectorului final este definita miscare pas cu pas, astfel ca algoritmul se finalizeaza în cadrul etapei (ix), fara a se mai efectua etapele (x) si (xi).

3. Metodă, conform revendicarii 1, **caracterizată prin aceea că**, miscarea efectorului final este definita miscare de urmarire, astfel ca algoritmul se finalizeaza în cadrul etapei (xi), cu trecerea directa de la etapa (viii) la etapa (x).

4. Dispozitiv, pentru aplicarea metodei de la revendicarea 1, care permite atingerea pozitiei finala cu precizie ridicata **prin control hibrid**, viteza - pozitie, a traiectoriei de miscare in spatiu 3D generata de elementul efector final, al unui robot sau sistem mecatronic, actionat pe m grade de libertate print-un numar de m actuatori cu histerezis mecanic ridicat, **caracterizat prin aceea că** are în alcătuire:



(i) **un numar de i interfetele inteligente de control**, cum ar fi interfata neutrosfica de control inteligent (**IIC1**), interfata Extenics de control inteligent (**IIC2**), interfata fuzzy de control inteligent (**IIC3**), interfata neuronală de control inteligent (**IIC i**), care primesc semnale senzorialor de inertie (S_j), senzorialor de forta (S_F) si senzorial vizuali (S_V) montati pe robot sau sistemul mecatronic (**RO/SISM**), semnalele pozitia actuala (P_a) si viteza actuala (V_a) a robotului sau sistemului mecatronic (**RO/SISM**) de la magistrala de date (**MDT**) si **genereaza** referinta de pozitie (R_{P_i}) si referinta de viteza (R_{V_i}) la **un modul de decizie** pentru stabilitatea miscarii in spatiul 3D si navigarea in cazul robotilor in medii necunoscute,

(ii) **un modul de decizie (MD)** care primeste *semnale* senzorialor de inertie(S_j), senzorialor de forta (S_F) si senzorial vizuali (S_V) montati pe robot sau sistemul mecatronic, *semnalele* pozitia actuala (P_a) si viteza actuala (V_a) a robotului sau sistemului mecatronic de la magistrala de date (**MDT**), *semnalele* referintei de pozitie (R_{P_i}) si referintei de viteza(R_{V_i}) de la interfetele de control inteligent (**IIC1-IIC i**) si **genereaza** referinta de control de pozitie (R_{CP}), referinta de control de viteza (R_{CV}), la **un modulul de control** pentru a asigura stabilitatea optima a miscarii in spatiul 3D fara rasturnarea robotului si navigarea optima cu evitarea obstacolelor in cazul miscarii robotilor in medii necunoscute, prin aplicarea unor metode de decizie cum ar fi metoda Vladareanu-Snarandache care aplica logica neutrosfica in controlul miscarii robotilor, fuziunea informatiei, teoria DS m T (Dezert-Smarandahe), teoria fuzzy,

(iii) **un modul de control** care primeste *semnale* senzorialor de inertie(S_j), senzorialor de forta (S_F) si senzorial vizuali (S_V) montati pe robot sau sistemul mecatronic, *semnalele* pozitia actuala (P_a) si viteza actuala (V_a) a robotului sau sistemului mecatronic de la magistrala de date (**MDT**), *semnale* referinta de control de pozitie (R_{CP}), referinta de control de viteza(R_{CV}) de la modulul de decizie, **genereaza** semnalele referinta de pozitie initiala pentru un pas (R_{P_i}), referinta de pozitie finala pentru un pas (R_{PF}), referinta de pozitie finala (R_{PFT}) pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza (R_V) a efectorului final la magistrala de date (**MDT**), pentru a realiza controlul in timp real al efectorului final in spatiul 3D prin legi de control cum ar fi fi cinematica inversa prin aplicarea matricei inverse Jacobian, sau alte metode cum ar fi utilizarea sistemelor de inferenta si retele neuronale,

(iv) **un modul magistrala de date (MDT)**, primeste *semnale* pozitia actuala (P_a) si viteza actuala (V_a) a robotului sau sistemului mecatronic de la modulul de comunicatii pe care le transmite la i interfetele inteligente de control, la modulul de decizie si la modulul de control, si *semnale* referinta de pozitie initiala pentru un pas(R_{P_i}), referinta de pozitie finala pentru un pas (R_{PF}), referinta de pozitie finala pentru miscarea de urmarire a traiectoriei (R_{PFT}) si referinta de viteza a efectorului final (R_V) de la modulul de control pe care le transmite la modulul de comunicatii, cu rolul de a realiza transmiterea date intntre modulele conectate la magistrala de date (**MDT**),

(v) **un modul de comunicatii (MC)**, *cu rolul* de introducere in retea de comunicatii a magistralei de date a semnalelor receptionate de la cele m servomotoare si de transmitere a semnalelor receptionate prin repetare (bufferizare) de la magistrala de date (**MDT**) la modulul generator, primeste *semnale* pozitia actuala (P_a) si viteza actuala (V_a) a robotului sau sistemului mecatronic de la m servomotoare de actionare ale actuatorilor robotului sau sistemului mecatronic pe care, prin repetare (bufferizare), le transmite la magistrala de date (**MDT**), si *semnale* referinta de pozitie initiala pentru un pas (R_{P_i}), referinta de pozitie finala pentru un pas (R_{PF}), referinta de pozitie finala (R_{PFT}) pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza (R_V) a efectorului final, de la magistrala de date (**MDT**), pe care le transmite prin repetare (bufferizare) la modulul generator (**MG**)

(vi) **un modulul generator (MG)**, care primeste *semnalele* referinta de pozitie initiala pentru un pas (R_{P_i}), referinta de pozitie finala pentru un pas (R_{PF}), referinta de pozitie finala (R_{PFT}) pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza (R_V) a efectorului final de la modulul de comunicatii (**MC**) si semnalul extern control miscare urmarire (**CMU**) traiectorie a elementului efector final, care nu este activ pentru miscare *pas cu pas* a efectorului final, respectiv activ pentru *miscare de*



urmarire a traiectoriei efectorului final, **genereaza** la modulul regulator de pozitie (REG P) referinta de pozitie intermediara k (R_{pk}) pentru secventa $k=1$, si **genereaza** referinta de viteza intermediara k (R_{vk}) pentru secventa $k=1$, in care k are aceiasi semnificatie la modulul regulator de viteza (REG V), cu incrementarea indexului de secventa de aproximari succesive conform prezentei metodei,

(vii) **un regulator de pozitie** primeste *semnalul* pozitia actuala (P_a) de la m servomotoare (SM_m) de actionare ale actuatorilor robotului sau sistemului mecatronic, *semnalul* referinta de pozitie incrementala din secventa k (R_{pk}) de la modulul generator si **genereaza** (ϵ_{pp}) eroarea de pozitionare pentru controlul in pozitie (ϵ_{pp}), cu rolul de control pozitie a efectorului final conform prezentei metode,

(viii) **un regulator de viteza** primeste *semnalul* viteza actuala (V_a) a robotului sau sistemului mecatronic de la m servomotoare de actionare ale actuatorilor robotului sau sistemului mecatronic, *semnalul* referinta de viteza incrementala din secventa k (R_{vk}) de la modulul generator, *semnalul* eroarea de pozitionare (ϵ_{pp}) de la modulul regulator de pozitie, si **genereaza** eroarea de pozitionare (ϵ_p), pentru controlul in pozitie cu durata controlului in timp real de pozitie de 1ms-50ms si (ϵ_v) eroare de viteza pentru controlul in viteza, in care durata controlului in timp real de viteza are un raport minim de 3-10 mai mic fata durata controlului in timp real de pozitie, cu rolul de control hibrid viteza-pozitie a efectorului final conform prezentei metode,

(ix) **un modulul control in spatiul articulatiilor** primeste eroarea de pozitionare (ϵ_p), si eroare de viteza (ϵ_v) pentru controlul in viteza de la regulatorul de viteza si **genereaza** eroarea de pozitionare numerica (ϵ_{pN}) si eroarea de viteza numerica (ϵ_{vN}) la m servomotoare (SM_m) pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic, cu rolul de controlul in timp real in spatiul articulatiilor pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic,

(x) **un modul de conversie analogica viteza si pozitie**, primeste eroarea de pozitionare numerica (ϵ_{pN}) si eroarea de viteza numerica (ϵ_{vN}) si genereaza, cu rolul de conversia a semnalelor numerice in semnale analogice pentru controlul erorii de pozitionare (ϵ_{pm}) si a erorii de viteza (ϵ_{vm}) a m servomotoare (SM_m) pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic,

(xi) **un numar de m servomotoare pe cele m grade de libertate** ale robotului sau sistemului mecatronic, primesc eroarea de pozitionare (ϵ_{pm}) si a eroarea de viteza (ϵ_{vm}) de la modulul de conversie analogica viteza si pozitie, **genereaza** *semnale* pozitia actuala (P_a) si viteza actuala (V_a) a robotului sau sistemului mecatronic la modulul de comunicatii, pozitia actuala (P_a) la regulatorul de pozitie, viteza actuala (V_a) la regulatorul de viteza si **actioneaza** actuatorile (Ax_m) pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic cu rolul de control in timp real in bucla inchisa pe cele m grade de libertate ale robotului sau sistemului mecatronic conform prezentei metode,

(xii) **un robot sau sistemul mecatronic**, compus din structura mecanica robot sau sistem mecatronic cu m grade de libertate si m actuatori, actionate de un numar de m servomotoare, pe care sunt montati senzorii care genereaza semnalele de la senzorii de inertie (S_i), senzorii de forta (S_f) si senzorii vizuali (S_v), procesate in timp real de un numar de i interfetele de control inteligent (IICi), modulul de decizie (MD) si modulul de control (MC) pentru a genera in timp real valorile actuale pentru referinta de pozitie initiala pentru un pas (R_{pi}), referinta de pozitie finala pentru un pas (R_{pfi}), referinta de pozitie finala (R_{pft}) pentru miscarea de urmarire a traiectoriei si referinta de viteza (R_v) a efectorului final.

5. Dispozitiv, pentru aplicarea metodei de la revendicarea 1, **caracterizată prin aceea că**, in modulul generator este eliminat *semnalul* comanda a modulului de urmarire (CMU) a traiectoriei elementului efector final prin aceea ca **are prestabilit tipul de miscare al elementului efectorului final**, miscare *pas cu pas* a efectorului final cu aplicarea revendicarii numarul 2 din revendicarile prezentei metode, respectiv pentru *miscare de urmarire a traiectoriei* efectorului final aplicarea revendicarii numarul 3 din revendicarile prezentei metode.

