

# Imitarea mișcărilor folosind robotul nao\*

Ilie Ioan  
1310B

## I. INTRODUCTION

Interacțiunea om-robot (HRI) este o știință multidisciplinară care poate fi privită ca o sinergie a roboticii, interacțiunea om-calculator, inteligența artificială și științele cognitive. Din punct de vedere practic, imitarea mișcărilor umane de către un robot umanoid a stimulat interesul multor cercetători în domeniul HRI, iar problema de mai sus poate fi exemplificată prin numărul de lucrări publicate și cercetări efectuate în acest subiect. În deceniul 90th, au fost propuse cercetările anterioare privind imitarea mișcărilor umane de către roboții umanoizi. În aceste din urmă lucrări, rezultă că o procedură de imitație se încadrează în trei procese fundamentale: observă acțiunea, reprezintă acțiunea și reproduce acțiunea. De exemplu, un agent robot a observat un profesor uman care efectua o sarcină de asamblare. Robotul a reprezentat și clasificat sarcina în câțiva pași, cum ar fi: Alege, muta, plasa sau etc. Apoi, robotului i se comandă să reproducă sarcina care poate fi considerată o procedură offline.

## II. STATE OF THE ART AND RELATED WORK

### A. State of the art

În general, constrângerile cercetării anterioare privind imitația robotică sunt următoarele: 1. Cele mai multe sisteme de imitație care pot realiza mișcări stabile ale întregului corp se bazează pe metode IK numerice pentru cartografierea posturii. Cu toate acestea, unghiurile comune generate prin metode numerice nu sunt la fel de precise ca cele obținute prin metode analitice și suportă costuri de calcul mai mari. 2. Cele mai multe metode analitice de cartografiere a unghiului comun utilizate în sistemele de imitație sunt simple și brute și nu pot indica orientările legăturilor corpului uman și nu iau în considerare suficient structurile articulare ale robotului. Acest lucru va afecta precizia unghiurilor de îmbinare pentru cartografiere și va limita similitudinea imitației. 3. Multe abordări nu pot realiza o imitație stabilă susținută dublu și susținută individual. 4. Majoritatea cercetătorilor nu au luat în considerare imitarea mișcărilor capului, a mișcărilor mâinii sau a locomoției, care sunt esențiale pentru executarea sarcinilor folosind un sistem de imitație. Unele sisteme îndeplinesc parțial aceste funcții, dar necesită posturi suplimentare sau instrucțiuni audio sau necesită dispozitive auxiliare portabile sau portabile, care sunt incomode. 5. Cele mai multe criterii de similitudine se bazează pe pozițiile punctelor cheie, adică pozițiile efectorilor finali sau ale punctelor scheletice, sau se bazează pe unghiuri comune și, prin urmare, nu pot reflecta în mod direct postura de similitudine.

### B. Related Work

În „permiterea imitării întregului corp în timp real: O modalitate naturală de transfer al mișcării umane la umanoizi” este prezentată una dintre primele metode de imitație pe un robot umanoid. Pentru a putea vedea mișcările umane, pe partea superioară a corpului sunt plasați niște markeri simpli, care pot fi estimați unghiurile comune. În studiul de mai sus, a fost utilizată o hartă analitică între triunghiurile modelului și profesor. Pentru a rezolva problema cinematică, a fost aplicată o soluție numerică iterativă bazată pe coordonate de răsucire.

Sistemul din referința numărul 7 își propune să echipeze robotul umanoid NAO cu capacitatea de a efectua gesturi comunicative expresive în timp ce spune o poveste. Corpul robotului este, prin urmare, principalul mediu prin care emoțiile sunt transmise.

Referința 8 propune un cadru de teleprezență emoțională pentru a transfera o voce emoțională în gesturi robot. Acest sistem poate transmite patru dintre emoțiile de baza: Fericire, tristete, furie și frică.

Referința 9 investighează, de asemenea, posturile emoționale pentru NAO, adică sunt create posturi dinamice ale corpului pentru a transmite emoții. Rezultatele arată că un robot ca NAO poate exprima în mod eficient emoțiile cu corpul său.

## III. DESCRIEREA METODEI

Prin intermediul celor două programe, robotul va capta mișcările pe care utilizatorul le va face la un nivel destul de apropiat, ca după robotul să recreeze mișcările primite. Pentru acest lucru avem nevoie de 2 dispozitive: Robotul Nao și dispozitivul de captare Kinect. Chiar dacă avem aceste 2 dispozitive, cele două nu au cum să comunice între ele în mod uzual. De aceea prima implementare înainte de începerea programării robotului este de a crea acea conexiune.

### A. Crearea conexiunii între robot și kinect

Ca să se creeze o conexiune va trebui să se realizeze o aplicație de tip WPF (Windows presentation foundation) care să se conecteze și să trimită datele la un broker MQTT. Dacă, după introducerea adresei IP informațiile transmise sunt OK, aplicația robotului va putea culege informațiile necesare, mai exact coordonatele necesare realizării mișcărilor.

### B. Aplicația python a robotului

După realizarea clientului de conectare, va trebui să începem programarea robotului. Primul pas este calcularea coordonatelor articulațiilor în domeniul xyz. Pentru acest lucru va

trebui aplicarea cinematicii inverse. Cinematica inversă este procesul matematic de calculare a parametrilor variabili ai articulației necesari pentru a plasa capătul unui lanț cinematic, cum ar fi un manipulator robot sau scheletul unui personaj de animație, într-o anumită poziție și orientare în raport cu începutul lanțului. Având în vedere parametrii articulației, poziția și orientarea capătului lanțului, de exemplu mâna personajului sau a robotului, pot fi calculate în mod obișnuit direct utilizând mai multe aplicații ale formulelor trigonometrice, un proces cunoscut sub numele de cinematica înainte. Cu toate acestea, operația inversă este, în general, mult mai dificilă. Cinematica inversă este, de asemenea, utilizată pentru a recupera mișcările unui obiect în lume din alte date, cum ar fi un film al acestor mișcări, sau un film al lumii văzut de o cameră care face ea însăși aceste mișcări. Acest lucru se întâmplă, de exemplu, în cazul în care mișcările filmate ale unui actor uman trebuie să fie duplicate de un personaj animat.

a) *Maparea mișcărilor*: Pozițiile umărului, cotului și încheieturii mâinii sunt disponibile din datele de captură a mișcării, dar aceste poziții trebuie cartografiate pe dimensiunile robotului NAO. Un vector este considerat de la fiecare articulație la următoarea pe legăturile umane și robot, cum ar fi VF1 uman și VF3 srobot. Ecuația de cartografiere este prezentată după cum urmează:

$$\frac{\vec{V}_{human_i}}{|\vec{V}_{human_i}|} = \frac{\vec{V}_{robot_i}}{|\vec{V}_{robot_i}|} \quad (1)$$

$$\vec{V}_{robot_i} = \frac{|\vec{V}_{robot_i}|}{|\vec{V}_{human_i}|} \vec{V}_{human_i}$$

Așa cum este descris în EQ. (1), prin egalizarea vectorilor unitate ai vectorului uman capturat și ai robotului, se derivă vectorul de mișcare mapat al robotului, care ar putea fi utilizat ca operație cinematică a robotului, care va fi descrisă în secțiunea următoare.

b) *Soluția cinematică geometrică inversă*: Scopul acestui pas constă în obținerea unghiurilor de articulații dorite pentru a genera un rol de imitare. Vectorii de mișcare mapați care au fost derivați în ultima secțiune sunt utilizați pentru abordarea cinematică inversă. Brațele robotului NAO au 5 DOF. Pentru a obține relația dintre legăturile succesive, se utilizează așa-numita convenție Denavit-Harborn (Dr). Există două tipuri de convenții Dr în funcție de etichetare și încadrare: Distal și proximal. Pentru a face acest lucru, mai întâi, cadrele de legătură trebuie atribuite pentru fiecare braț. În figurile 1 și 2, aceste cadre sunt descrise utilizând convenția distală Dr. Apoi, parametrii DH corespunzători trebuie obținuți din cadrele atribuite pe legături. Tabelele I și II reprezintă parametrii DH ai brațelor NAO-H25.

În ceea ce privește formularea matematică a convenției DH, matricea  $Q_i$  și vectorul  $a_i$  reprezintă rotația relativă și poziția

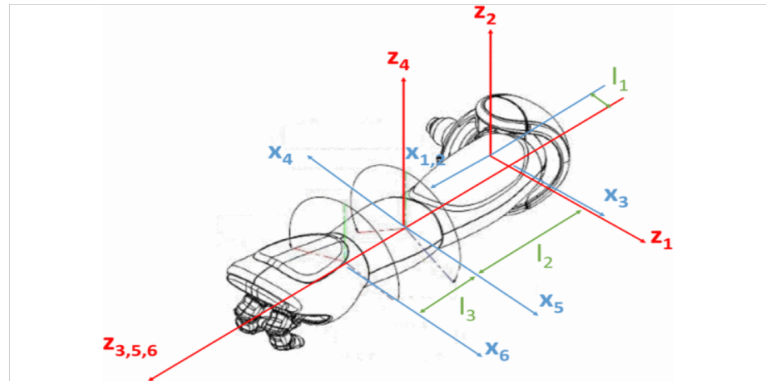


Fig. 1. Figura 1

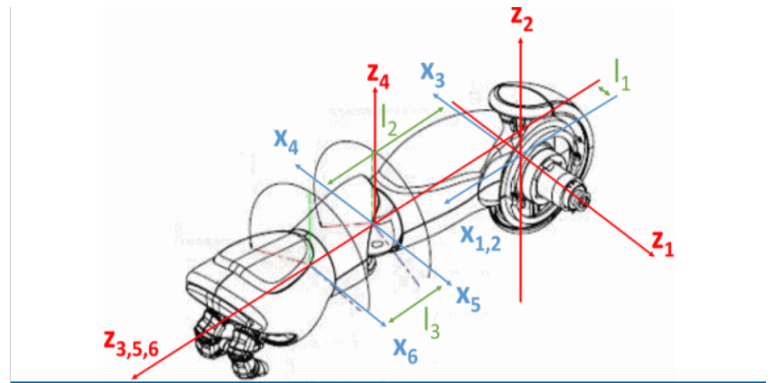


Fig. 2. Figura 2

cadrelui  $i + 1$  în raport cu cadrul  $i$ :

$$Q_i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\cos\alpha_i \sin\theta_i & \sin\alpha_i \sin\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i \end{bmatrix}$$

$$a_i = \begin{bmatrix} a_i \cos\theta_i \\ a_i \sin\theta_i \\ b_i \end{bmatrix} \quad (2)$$

$${}^1_6P]1 = a_1 + Q_1 a_2 + Q_1 Q_2 a_3 + Q_1 Q_3 Q_3 a_4 + Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 a_5 \quad (3)$$

Ecuația (3) prezintă soluția cinematică înainte a brațului stâng. Îeșirea ecuației de mai sus este poziția cadrului 6 față de cadrul 1 exprimată în cadrul 1. După cum sa menționat mai sus, captura mișcării oferă pozițiile umărului, cotului și încheieturii mâinii. Conform lui Figs. 1 și 2,  ${}^1_5P]1$  descrie poziția cotului față de umăr, care este definită în cadrul umărului și poate fi exprimată matematic după cum urmează:

$${}^1_5P]1 = a_1 + Q_1 a_2 + Q_1 Q_2 a_3 + Q_1 Q_2 Q_s a_4$$

$$\begin{bmatrix} {}^1_5P_x]1 \\ {}^1_5P_y]1 \\ {}^1_5P_z]1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_2 \cos\theta_1 \cos\theta_2 - l_1 \cos\theta_1 \sin\theta_2 \\ l_2 \sin\theta_1 \cos\theta_2 - l_1 \sin\theta_1 \sin\theta_2 \\ l_1 \cos\theta_2 + l_2 \sin\theta_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Partea stângă a EQ. (4) datele de captură a mișcării sunt

furnizate după cum urmează:

$$\vec{V}_{robot1} = [{}^1_5P]_1 \quad (5)$$

$$\vec{V}_{robot2} = [{}^5_6P]_1$$

Partea dreaptă a EQ. (5) este extras din soluția cinematică înainte. Astfel, prin egalizarea a două laturi ale ecuațiilor de mai sus și prin aplicarea unor calcule geometrice,  $\theta_2$  și  $\theta_1$  pot fi calculate în mod explicit după cum urmează:

$$\theta_2 = \arcsin\left(\frac{[{}^1_5P_z]_1}{\sqrt{l_1^2 + l_2^2}}\right) + \arctan\left(-\frac{l_1}{l_2}\right) \quad (6)$$

$$\theta_1 = \arctan\left(\frac{[{}^1_5P_x]_1}{l_2 \cos \theta_2 - l_1 \sin \theta_2}, \frac{[{}^1_5P_y]_1}{l_2 \cos \theta_2 - l_1 \sin \theta_2}\right) \quad (7)$$

După cum se poate observa din cele de mai sus, atunci când  $\theta_2 = \arctan(l_2/l_1) = \arctan(7) = 81,86^\circ$  numitorul EQ. (7) dispare ceea ce duce la degenerarea formulării și nici o soluție pentru  $\theta_1$ . Datorită interferențelor mecanice ale robotului NAO,  $\theta_2$  este limitat mecanic la  $76^\circ$ , astfel încât această configurație poate fi ignorată. La acest pas, trebuie să se găsească  $\theta_3$  și  $\theta_4$ . [56P]1 reprezintă poziția încheieturii mâinii față de cot, care este definită în cadrul umărului. Această poziție este disponibilă din datele de captură a mișcării.

$$[{}^5_6P]_1 = Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 a_5 \quad (8)$$

c) *Soluția cinematică geometrică folosind Parametrii Denavit Hartenberg modificate:* Reprezentarea Denavit Hartenberg este o notație sistematică pentru atribuirea cadrelor de coordonate ortogonale dreptaci fiecărei verigi dintr-un lanț cinematic deschis. Apoi, transformările dintre cadrele de coordonate adiacente pot fi realizate printr-o singură matrice omogenă de transformare a coordonatelor  $4 \times 4$ . Se utilizează două tipuri de parametri DH: Parametrii DH clasici și parametrii DH modificați. În această lucrare parametrii DH modificați sunt utilizați pentru a obține următoarea matrice de transformare generală

$$T_{i-1}^i = \begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) & 0 \\ \sin(\theta_i)\cos(\alpha_{i-1}) & \cos(\theta_i)\cos(\alpha_{i-1}) & -\sin(\alpha_{i-1}) \\ \sin(\theta_i)\sin(\alpha_{i-1}) & \cos(\theta_i)\sin(\alpha_{i-1}) & \cos(\alpha_{i-1}) \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{i-1} \\ -d_i \sin(\alpha_{i-1}) \\ d_i \cos(\alpha_{i-1}) \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Pentru a obține matricea de transformare a ultimei legături în raport cu cadrul de bază 0, matricele individuale de transformare sunt înmulțite. Parametrii DH ai brațelor stâng și drept ale robotului NAO sunt indicați în tabelul 1 și, respectiv, în tabelul 2 [1]. Matricea finală de transformare pentru brațul stâng este dată de:

$$T_{End}^0 = T_1^0 T_2^1 T_3^2 T_4^3 R_z\left(\frac{\pi}{2}\right) A_4^{End} \quad (2)$$

și pentru brațul drept:

$$T_{End}^0 = T_1^0 T_2^1 T_3^2 T_4^3 R_z\left(\frac{\pi}{2}\right) A_4^{End} R_z(-\pi) \quad (3)$$

unde  $T_{10}, T_{21}$  și  $T_{43}$  se obțin prin înlocuirea valorilor parametrilor DH în matricea de transformare generală. De

Frame	A	a	d	$\Theta$
ShoulderLeftPitch	0	$-\pi/2$	0	$\theta_1$
ShoulderLeftRoll	0	$\pi/2$	0	$\theta_2 - \pi/2$
ElbowLeftYaw	0	$-\pi/2$	$l_1$	$-\theta_3$
ElbowLeftRoll	0	$\pi/2$	0	$\theta_4$

Fig. 3. Tabel 1

Frame	A	a	d	$\Theta$
ShoulderRightPitch	0	$-\pi/2$	0	$\theta_1$
ShoulderRightRoll	0	$\pi/2$	0	$\theta_2 + \pi/2$
ElbowRightYaw	0	$-\pi/2$	$l_1$	$\theta_3$
ElbowRightRoll	0	$\pi/2$	0	$\theta_4$

Fig. 4. Tabel 2

asemenea  $R_z(\pi/2), R_z(-\pi)$  și  $A4END$  sunt utilizate pentru a fixa orientarea cadrului efectorului final și pentru a specifica decalajul efectorului final față de legătura finală:

$$A_4^{End} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

În ecuațiile cinemate înainte,  $L_1$  și  $L_2$  sunt lungimile brațului inferior și superior ale NAO. Cu toate acestea, mâna umană are dimensiuni mai mari. Deoarece Kinect găsește coordonatele încheieturii mâinii în raport cu coordonatele umărului, acesta va fi dincolo de spațiul de lucru al mâinilor NAO. Prin urmare, în această lucrare, brațele robotului sunt scalate până la dimensiunea umană și, prin urmare, lungimile brațelor umane sunt utilizate pentru valorile  $L_1$  și  $L_2$ .

$$l_1 = 0.25 \text{ m}$$

$$l_2 = 0.25 \text{ m}$$

Sensul pozitiv al unghiurilor de îmbinare este diferit pentru cele două brațe, așa cum se arată în fig. 1. Cu toate acestea, matricea finală de transformare pentru ambele brațe este

calculată ca fiind aceeași și este dată de:

$$l_1 = 0.25 \text{ m} \quad l_2 = 0.25 \text{ m}$$

$$T_{End}^0 = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

unde,

$$r_{11} = \cos\theta_1 \cos\theta_4 \cos\theta_2 - \sin\theta_4 (\sin\theta_1 \sin\theta_3 + \cos\theta_1 \cos\theta_3 \sin\theta_2) \quad (6)$$

$$r_{21} = \cos\theta_3 \sin\theta_4 \cos\theta_2 + \cos\theta_4 \sin\theta_2 \quad (7)$$

$$r_{31} = -\sin\theta_4 (\cos\theta_1 \sin\theta_3 - \cos\theta_3 \sin\theta_2 \sin\theta_1) - \cos\theta_4 \sin\theta_1 \cos\theta_2 \quad (8)$$

$$r_{12} = -\cos\theta_4 (\sin\theta_1 \sin\theta_3 + \cos\theta_1 \cos\theta_3 \sin\theta_2) - \cos\theta_1 \sin\theta_4 \cos\theta_2 \quad (9)$$

$$r_{22} = -\sin\theta_2 \sin\theta_4 + \cos\theta_3 \cos\theta_4 \cos\theta_2 \quad (10)$$

$$r_{32} = \sin\theta_1 \sin\theta_4 \cos\theta_2 - \cos\theta_4 (\cos\theta_1 \sin\theta_3 - \cos\theta_3 \sin\theta_2 \sin\theta_1) \quad (11)$$

$$r_{13} = \cos\theta_3 \sin\theta_1 - \cos\theta_1 \sin\theta_2 \sin\theta_3 \quad (12)$$

$$r_{23} = \sin\theta_3 \cos\theta_2 \quad (13)$$

$$r_{33} = \cos\theta_1 \cos\theta_3 + \sin\theta_2 \sin\theta_1 \sin\theta_3 \quad (14)$$

$$r_{14} = l_1 \cos\theta_1 \cos\theta_2 - l_2 (\sin\theta_4 (\sin\theta_1 \sin\theta_3 + \cos\theta_1 \cos\theta_3 \sin\theta_2) - \cos\theta_1 \cos\theta_4 \cos\theta_2) \quad (15)$$

$$r_{24} = l_2 (\cos\theta_4 \sin\theta_2 + \cos\theta_3 \sin\theta_4 \cos\theta_2) + l_1 \sin\theta_2 \quad (16)$$

$$r_{34} = -l_2 (\sin\theta_4 (\cos\theta_1 \sin\theta_3 - \cos\theta_3 \sin\theta_2 \sin\theta_1) + \cos\theta_4 \sin\theta_1 \cos\theta_2) - l_1 \sin\theta_1 \cos\theta_2 \quad (17)$$

### C. Metode de imitație umană

a) *Cinematica inversă utilizând sisteme adaptive de inferență Neuro-Fuzzy (ANFIS):* MATLAB Fuzzy logic Toolbox este utilizat pentru analiza, proiectarea și simularea sistemelor logice fuzzy. Rețelele ANFIS au fost modelate utilizând ecuațiile cinematice inverse derivate și apoi au fost instruite utilizând un set de variabile comune și pozițiile corespunzătoare ale efectorului final (obținute prin aplicarea modelului cinematic înainte) ca date de formare. Sistemele ANFIS instruite au fost apoi alimentate cu coordonatele poziției reale a încheieturii mâinii față de umăr (urmărite cu ajutorul senzorului Kinect), iar rețelele au returnat unghiurile corespunzătoare ale articulațiilor. Unghiurile de îmbinare au fost apoi trimise robotului. Pentru a observa acuratețea acestei metode, au fost efectuate experimente pe simulatorul NAO Webots (Fig. 4) în care utilizatorul a făcut mișcări aleatorii cu brațele sale.

b) *Cinematică inversă utilizând metoda iacobiană iterativă:* Modificarea incrementală a coordonatelor spațiale ale

efectorului final dX poate fi legată de modificarea incrementală a variabilelor comune d folosind matricea iacobiană J().

$$d\vec{X} = J(\theta)d\vec{\theta} \quad (24)$$

J() este o matrice m×n, unde m este numărul de dimensiuni și n este numărul de articulații. În acest caz, m=3 și n=4. Lăsați modelul cinematic înainte să fie X = f(). Apoi, modificarea incrementală în fiecare element din XF0 este dată de:

$$dx_i = \sum_{j=1}^n \frac{\partial f_i}{\partial \theta_j} d\theta_j \quad i = 1 \text{ to } m \quad (25)$$

Se calculează matricea iacobiană. Inexactitățile iacobinului invers pot fi verificate prin înmulțirea pseudo-inversului cu iacobianul original și scăderea lui din matricea identității. Dacă eroarea este prea mare, X este redus. Se calculează pseudo-inversul Moore-Penrose al matricei iacobiene. Modificarea unghiurilor de îmbinare necesare pentru a obține modificarea necesară în poziția efectorului final poate fi găsită din ecuația:

$$\Delta\theta = J^+ \Delta X \quad (39)$$

unde:

$$\Delta X = X_{goal} - X_{current} \quad (40)$$

Procesul de mai sus este iterat până când eroarea absolută dintre poziția țintă și poziția curentă se încadrează în intervalul acceptabil. Metoda oferă o soluție cel mai puțin pătrată la un sistem de ecuații liniare. Dacă X3 se află în intervalul de coloană al lui J, vectorul obținut x va fi vectorul unic de cea mai mică magnitudine care satisface dX = J(d). În caz contrar, vectorul obținut este vectorul unic care minimizează (Jd - dx).

c) *Maparea directă a unghiurilor:* În metoda directă de imitație, unghiurile articulațiilor umane se găsesc folosind coordonatele articulare ale umărului, cotului și încheieturii mâinii. Setul de instrumente de achiziție a imaginilor MATLAB este utilizat pentru a achiziționa și procesa datele de la Kinect. Kinect oferă coordonatele a 20 articulații ale corpului uman în raport cu sistemul său de coordonate. Cu pozițiile comune, unghiul dintre membre poate fi găsit folosind algebra vectorială. Luați în considerare imitarea brațului stâng. Kinect oferă coordonatele a patru puncte de pe braț: Umărul stâng, cotul stâng, încheietura mâinii stângi și mâna stângă, așa cum se arată în fig. 2. Brațul robotului NAO are 6 grade de libertate: Pasul umărului, rola umărului, rola cotului, girația cotului, girația încheieturii mâinii și deschiderea/închiderea mâinii. Primele patru unghiuri ale brațelor robotului sunt calculate folosind coordonatele umărului, cotului și încheieturii mâinii de la Kinect

$$\overrightarrow{UpperArm} = \overrightarrow{ShoulderPosition} - \overrightarrow{ElbowPosition} \quad (21)$$

$$\overrightarrow{LowerArm} = \overrightarrow{WristPosition} - \overrightarrow{ElbowPosition} \quad (22)$$

1) *Calculul rotirii cotului:* Unghiul dintre vectorii brațului superior și cel al brațului inferior oferă unghiul de ruliu al cotului. Unghiul astfel obținut este apoi cartografiat la intervalul cotului robotului NAO. Gama articulației cotului NAO este de la -1,5446 radiani la -0,0349 radiani, care este aproape o gamă de 90°. Deoarece operatorul uman are o

gamă mult mai mare de rotație a cotului (aproximativ 180°), prin urmare, din cauza constrângerilor articulare, unele dintre acțiuni nu pot fi imitate de robot.

$$\cos \theta = \frac{\overrightarrow{UpperArm} \cdot \overrightarrow{LowerArm}}{|\overrightarrow{UpperArm}| |\overrightarrow{LowerArm}|} \quad (23)$$

2) *Calculation of Elbow Yaw.ps nu am stiut traducerea corecta:* Următoarea procedură este utilizată pentru calcularea unghiului de largire: 1.Vectorii brațului superior și inferior sunt utilizați pentru a defini planul brațului stâng”, adică planul care conține coordonatele umărului stâng, cotului și încheieturii mâinii.2.Planul vertical care trece prin brațul superior se găsește folosind proiecția vectorului brațului superior pe planul XY și vectorul în sus.3:Unghiul de largire al cotului se găsește prin calcularea unghiului dintre planul normal la planul brațului stâng” și planul normal la planul vertical prin brațul superior.Unghiul de rotație astfel calculat este apoi cartografiat în intervalul articulației robotului. Intervalul unghiului de rotație este de la 2,0857 radiani la +2,0857 radiani.

3) *Calcularea unghiului de înclinare a umărului și a unghiului de rotație a umărului:* Vectorul brațului superior este proiectat pe planurile Z-X și, respectiv, Y-X, iar apoi unghiul făcut de brațul superior cu aceste proiecții este găsit ca în fig. 3. Aceste unghiuri sunt unghiul de înclinare a umărului și al ruliului umărului robotului. Gama articulației umărului este de la -2,0857 radiani la +2,0857 radiani. Intervalul unghiului de rulu al umărului este de la - 0,314 radiani la 1,3265 radiani. Celelalte două grade de libertate în brațul NAO, rotația încheieturii mâinii și deschiderea / închiderea mâinii nu sunt utilizate, deoarece nu afectează poziția efectorului final. Acestea controlează doar orientarea mâinii și deschiderea și închiderea mâinii.

#### IV. PRELIMINARY RESULTS

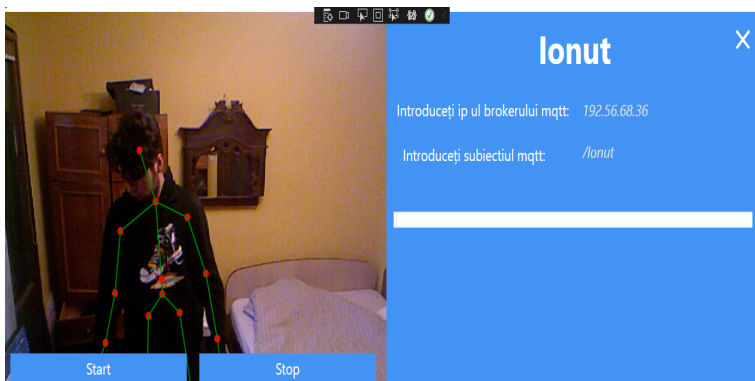


Fig. 5. Poza rulare

#### V. PRELIMINARY CONCLUSION

În concluzie, am reușit să realizez crearea clientului și conectarea camerei kinect către laptop, precum și aparatura scheletului format prin calculul articulațiilor. În viitor voi începe aplicația robotului în python 2.7, precum și înregistrarea

clipului cu imitarea mișcărilor mele de către robotul NAO. De asemenea am reușit și implementarea mișcărilor în limbajul de programare python folosindu-mă în mare parte

#### VI.

#### REFERENCES

- [1] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7886806>
- [2] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7097245>
- [3] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6359088>
- [4] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6359088>
- [5] <https://www.mdpi.com/2079-9292/9/6/971>
- [6] <https://link.springer.com/article/10.1007/s12369-017-0417-8>
- [7] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6100857>
- [8] <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6100891>
- [9] <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/1957656.1957692>

IEEE conference templates contain guidance text for composing and formatting conference papers. Please ensure that all template text is removed from your conference paper prior to submission to the conference. Failure to remove the template text from your paper may result in your paper not being published.