

ANALIZA CINEMATICA A UNUI BRAȚ ROBOTIC CU CINCI GRADE DE LIBERTATE PRIN INTERMEDIUL INSTRUMENTULUI TRACKER

KINEMATIC ANALYSIS OF A 5 DOF ROBOTIC ARM WITH THE TRACKER SOFTWARE

Elena Alexandra BODÂLCĂ¹
Claudiu VATAMANU¹
Andrei ENIȘOR¹
Radu PANAITESCU-LIESS¹
Alexandru-Polifron CHIRIȚĂ^{1,2}

¹Facultatea de Utilaj Tehnologic din București, Romania

alexandrabodilca@yahoo.com claudiuvatamanu93@yahoo.com andrei.enisor@yahoo.com
polifroniade@gmail.com pan.radu@gmail.com

² Institutul de Cercetări pentru Hidraulică și Pneumatică, București, Romania

Rezumat: Prezentul articol reprezintă o aplicație didactică practică și anume, determinarea poziției, vitezei și accelerației unui punct caracteristic al unui echipament prin intermediul instrumentului Tracker. În cazul de față s-a utilizat un braț robotic didactic, punctul caracteristic considerat fiind fixat pe griper-ul acestuia. Analiza cinematică a brațului robotic se face și la disciplina Mecanisme, noțiunile teoretice fiind prezentate pe larg acolo și nu fac subiectul acestui articol.

Cuvinte-cheie: brat robotic, articulații, deplasare, viteză, accelerație

Abstract: This article represents a didactic application, namely the determination of the position, velocity and acceleration of a characteristic point of an equipment by means of the Tracker Software Tool. In this case, a didactic robotic arm was used. The characteristic point considered was fixed on its grip. The kinematic analysis of the robotic arm is also done in the Mechanisms discipline, the theoretical notions being presented widely there and are not the subject of this article.

Keywords: robotic arm, joints, movement, velocity, acceleration

INTRODUCERE

Tracker este un instrument gratuit de analiză și modelare video realizat pe suport Java. El este gândit ca o îmbinare între fișiere video (videoclipuri) și modelare pe computer. Astfel, Tracker poate determina din imaginile filmate, printre altele, pozițiile, vitezele și accelerațiile unor puncte caracteristice (cum ar fi centrele de masă) ale corpurilor sau sistemelor de corpuri analizate (figura 1). [1]

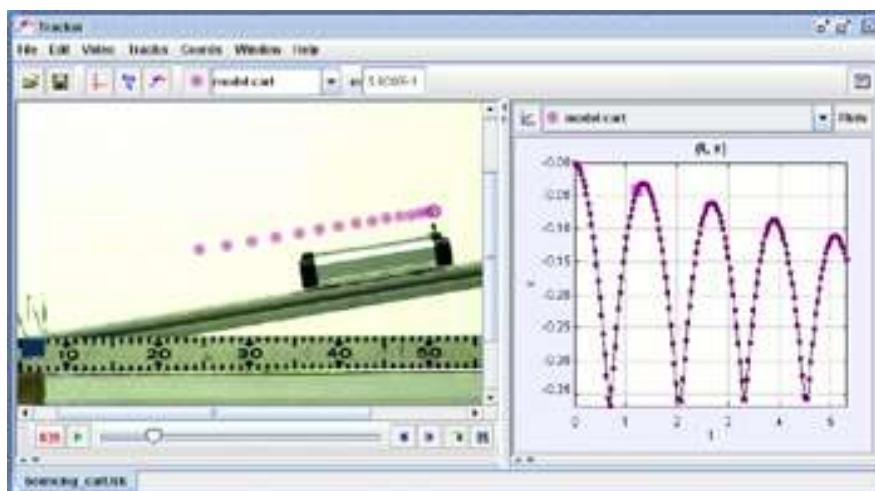


Figura 1 – Un exemplu de analiză în Tracker [1]

Pentru analiză s-a utilizat un braț robotic didactic, cu cinci grade de libertate. Brațul robotic dispune de 5 motoare cu reductoare atașate celor cinci cuple și poate executa următoarele operații: rotație în plan orizontal, rotație în jurul umărului, a cotului, a încheieturii, precum și funcția de apucare cu ajutorul gripper-ului. Din cele cinci mișcări, în această analiză s-au utilizat numai patru, mișcarea de rotație în plan orizontal nefiind de interes în acest caz. Brațul a fost montat în întregime în cadrul laboratorului de Sisteme mecatronice (figura 2).

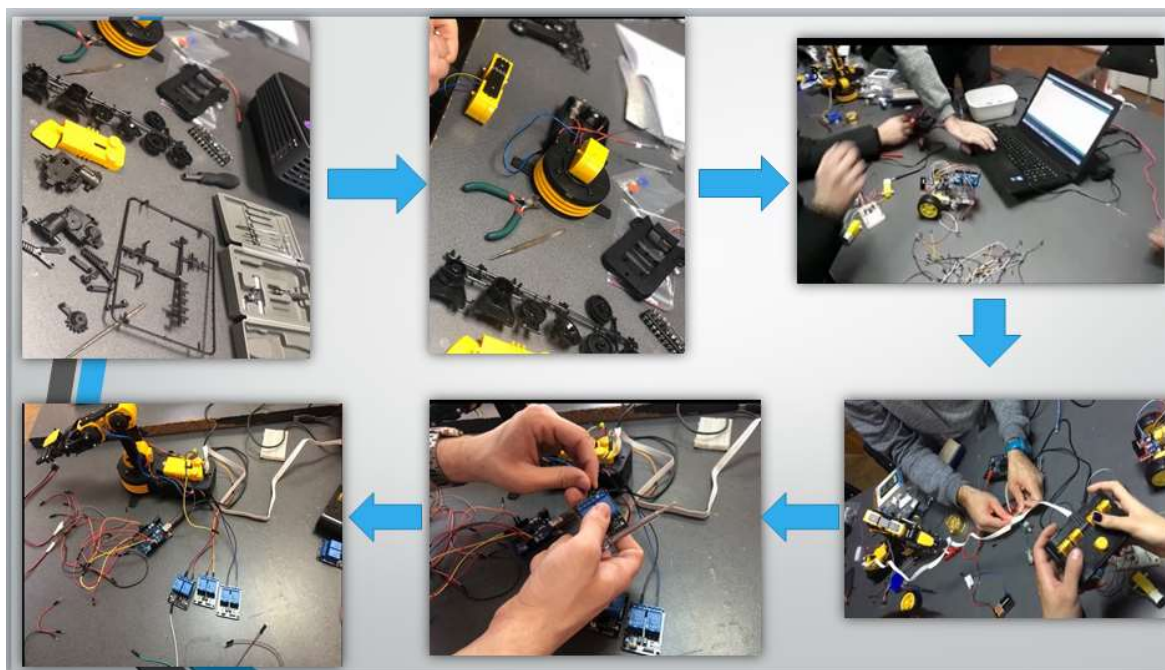


Figura 2 – Imagini de la montaj (arhiva autorilor)

Analiza cinematică a unui braț robotic cu cinci grade de libertate prin intermediul instrumentului Tracker

Pentru comanda celor cinci motoare a fost utilizată o placă de dezvoltare Arduino UNO, având un microcontroler ATmega328P (figura 3).



Figura 3 – Placă de dezvoltare Arduino UNO [2]

SCHEMA DE LUCRU

După marcarea punctului caracteristic care se dorește a fi analizat (în cazul nostru un punct de pe mecanismul de prehensiune), brațul robotic a realizat patru cicluri de lucru: coborâre până la sarcina care trebuie manipulată (I.a), ridicare fără sarcină (I.b), coborâre la sarcină (II.a), ridicare cu sarcină (II.b). Toate aceste cicluri sunt realizate automat, prin implementarea unui program de lucru (sketch).

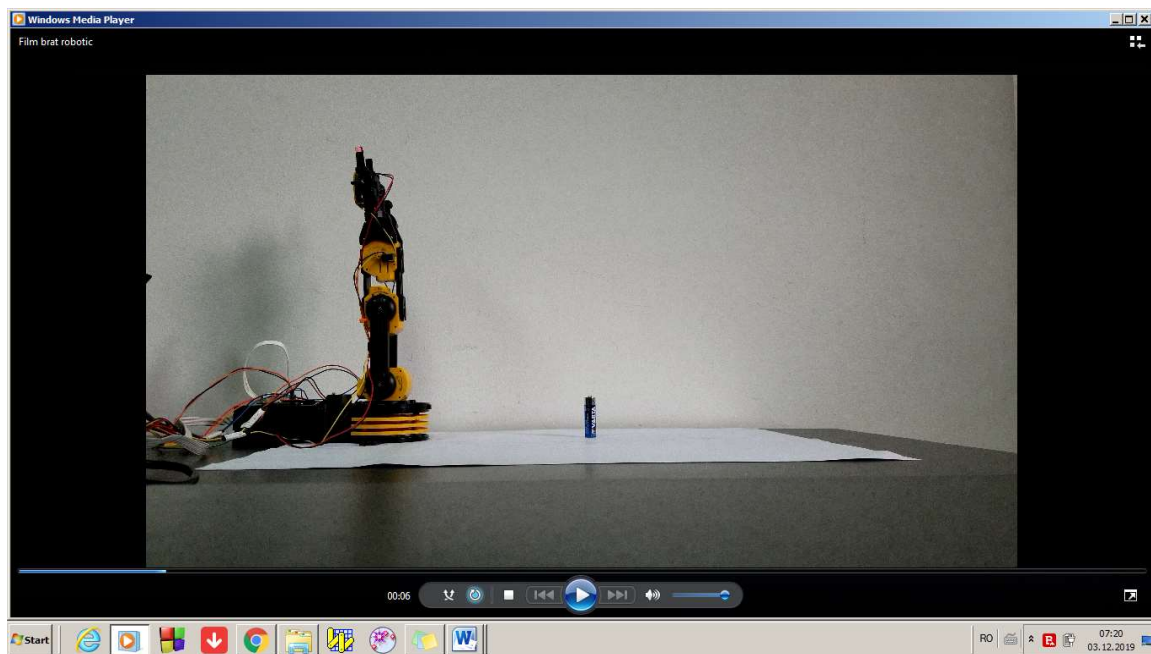


Figura 4 - Ciclul I.a

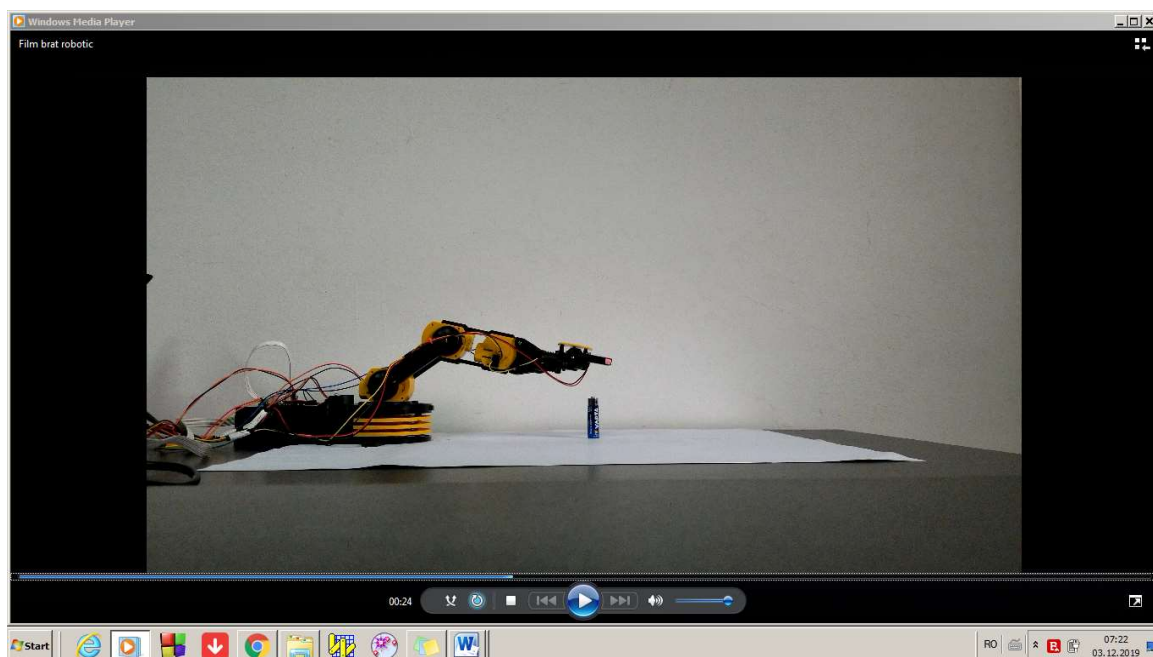


Figura 5 - Ciclul I.b

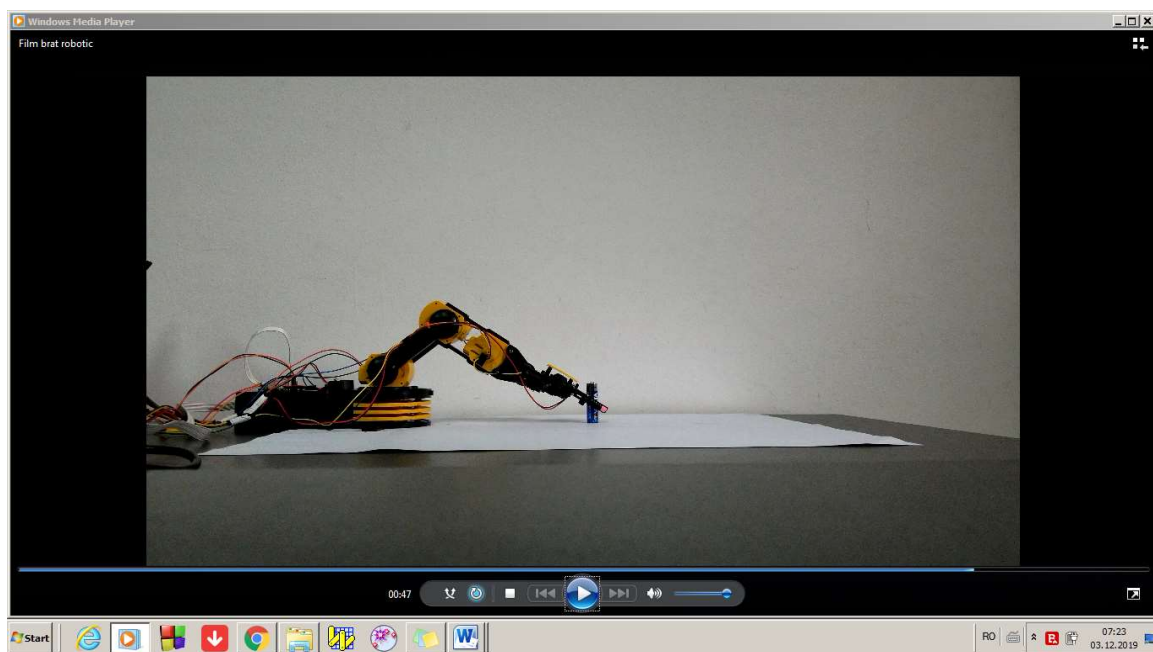


Figura 6 - Ciclul II.a

Analiza cinematică a unui braț robotic cu cinci grade de libertate prin intermediul instrumentului Tracker

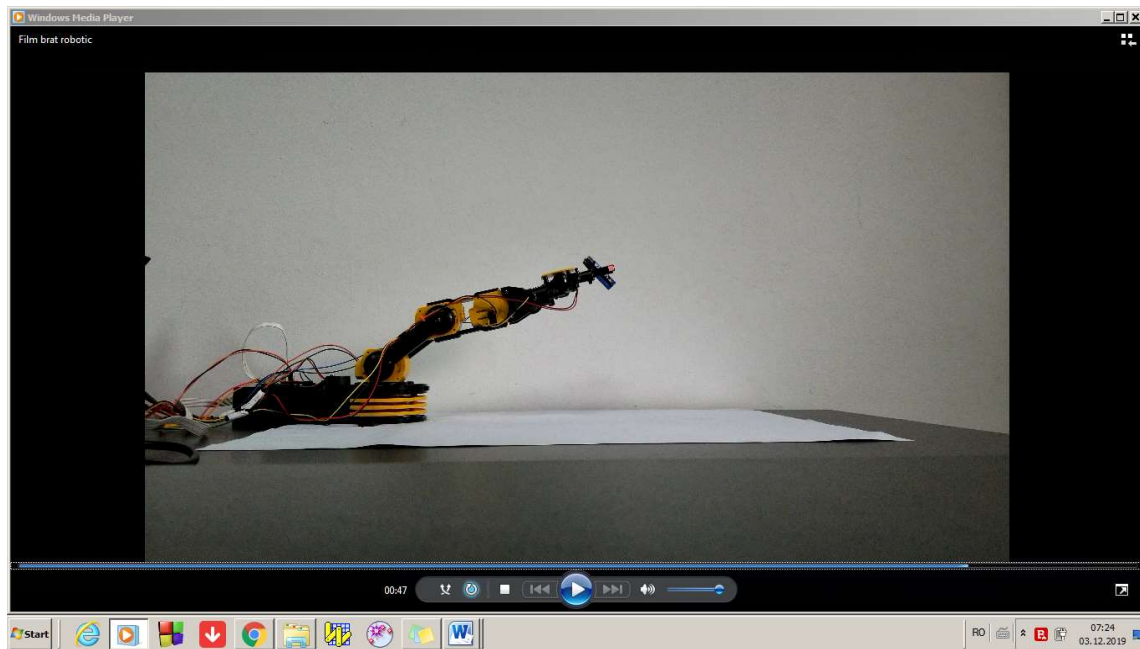


Figura 7 - Ciclul II.b

PROGRAMUL UTILIZAT

Codul pentru schema de lucru a testului este următorul:

```
#define CW5 11 //CW is defined as pin #11//
#define CCW5 12 //CCW is defined as pin #12//
#define CW4 8 //CW is defined as pin #8//
#define CCW4 9 //CCW is defined as pin #9//
#define CW3 6 //CW is defined as pin #6//
#define CCW3 7 //CCW is defined as pin #7//
#define CW2 4 //CW is defined as pin #4//
#define CCW2 5 //CCW is defined as pin #5//
#define CW1 2 //CW is defined as pin #2//
#define CCW1 3 //CCW is defined as pin #3//
#define LED 13 //CCW is defined as pin #3//
void setup() { //Setup runs once//
  pinMode(CW5, OUTPUT); //Set CW as an output//
  pinMode(CCW5, OUTPUT); //Set CCW as an output//
  pinMode(CW4, OUTPUT); //Set CW as an output//
  pinMode(CCW4, OUTPUT); //Set CCW as an output//
  pinMode(CW3, OUTPUT); //Set CW as an output//
  pinMode(CCW3, OUTPUT); //Set CCW as an output//
  pinMode(CW2, OUTPUT); //Set CW as an output//
  pinMode(CCW2, OUTPUT); //Set CCW as an output//
  pinMode(CW1, OUTPUT); //Set CW as an output//
```

```
pinMode(CCW1, OUTPUT); //Set CCW as an output//
pinMode(LED, OUTPUT); //Set LED as an output//    }
void loop() { //Loop runs forever//
// FAZA I
digitalWrite(CW5,HIGH); //Motor runs clockwise//
delay(2200); //for 1 second//
digitalWrite(CW5, LOW); //Motor stops//
delay(500); //for 1 second//
digitalWrite(CW4,HIGH); //Motor runs clockwise//
delay(2900); //for 1 second//
digitalWrite(CW4, LOW); //Motor stops//
delay(3000); //for 1 second//
digitalWrite(CCW4,HIGH); //Motor runs clockwise//
delay(3500); //for 1 second//
digitalWrite(CCW4, LOW); //Motor stops//
delay(500); //for 1 second//
digitalWrite(CCW5,HIGH); //Motor runs clockwise//
delay(2700); //for 1 second//
digitalWrite(CCW5, LOW); //Motor stops//
delay(5000); //for 1 second//
//FAZA II
digitalWrite(CW5,HIGH); //Motor runs clockwise//
delay(2200); //for 1 second//
digitalWrite(CW5, LOW); //Motor stops//
delay(500); //for 1 second//
digitalWrite(CW4,HIGH); //Motor runs clockwise//
delay(2900); //for 1 second//
digitalWrite(CW4, LOW); //Motor stops//
delay(3000); //for 1 second//
digitalWrite(CW2,HIGH); //Motor runs clockwise//
delay(800); //for 1 second//
digitalWrite(CW2, LOW); //Motor stops//
delay(500); //for 1 second//
digitalWrite(CCW4,HIGH); //Motor runs clockwise//
delay(3600); //for 1 second//
digitalWrite(CCW4, LOW); //Motor stops//
delay(500); //for 1 second//
digitalWrite(CCW5,HIGH); //Motor runs clockwise//
delay(2700); //for 1 second//
digitalWrite(CCW5, LOW); //Motor stops//
delay(5000); //for 1 second//
exit(0); }
```

Analiza cinematică a unui braț robotic cu cinci grade de libertate prin intermediul instrumentului Tracker

ANALIZA CINEMATICĂ

Analiza cinematică a fost realizată prin încărcarea fișierului video în software-ul Tracker. A fost selectată comanda Point mass, fixându-se pe punctul caracteristic ales și marcat pe gripper-ul robotului.

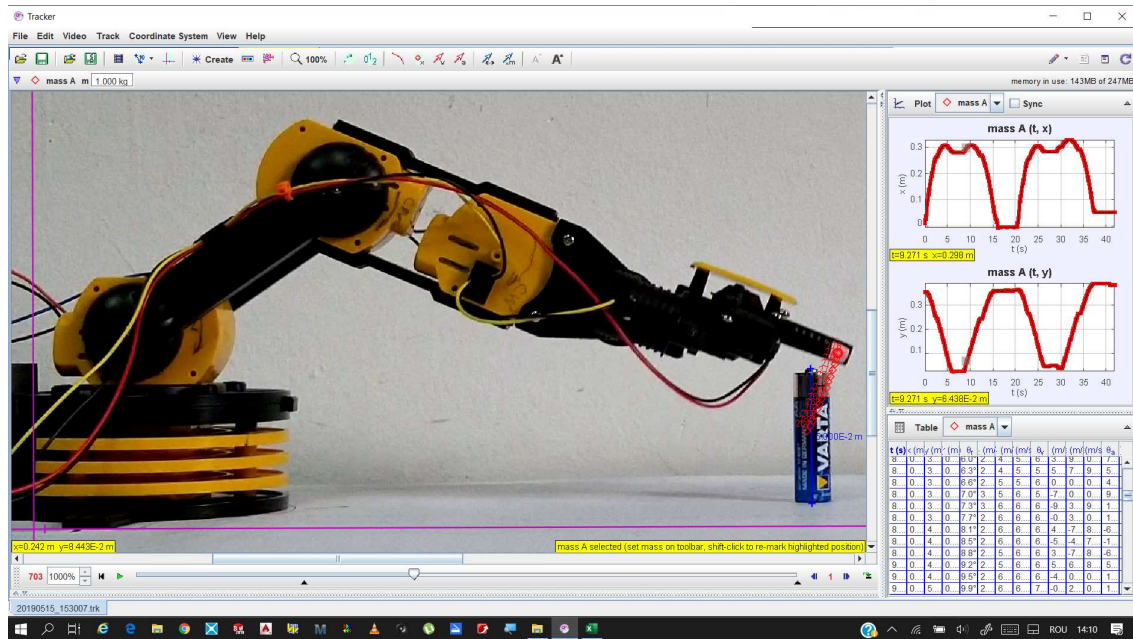


Figura 8 – Fereastra de lucru a instrumentului Tracker

Deplasarea, traiectoria, viteza și accelerația punctului caracteristic au fost puse în evidență în următoarele grafice:

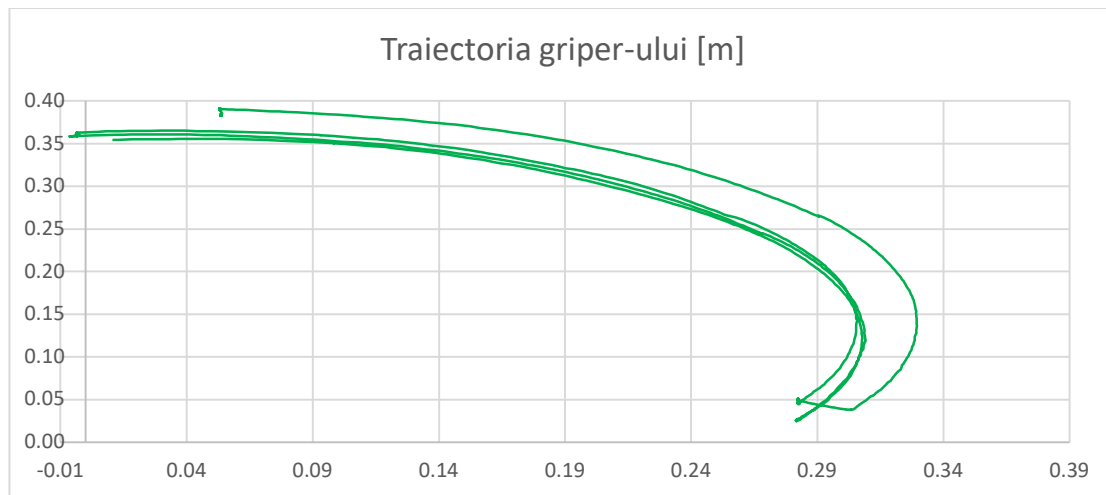


Figura 9 – Graficul traiectoriei punctului caracteristic

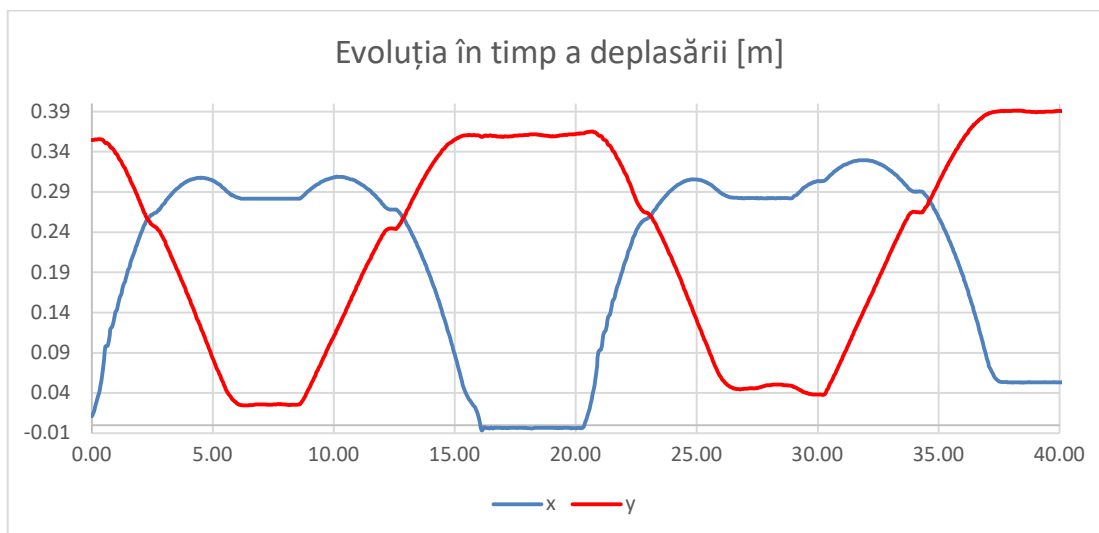


Figura 10 – Graficul deplasării punctului caracteristic

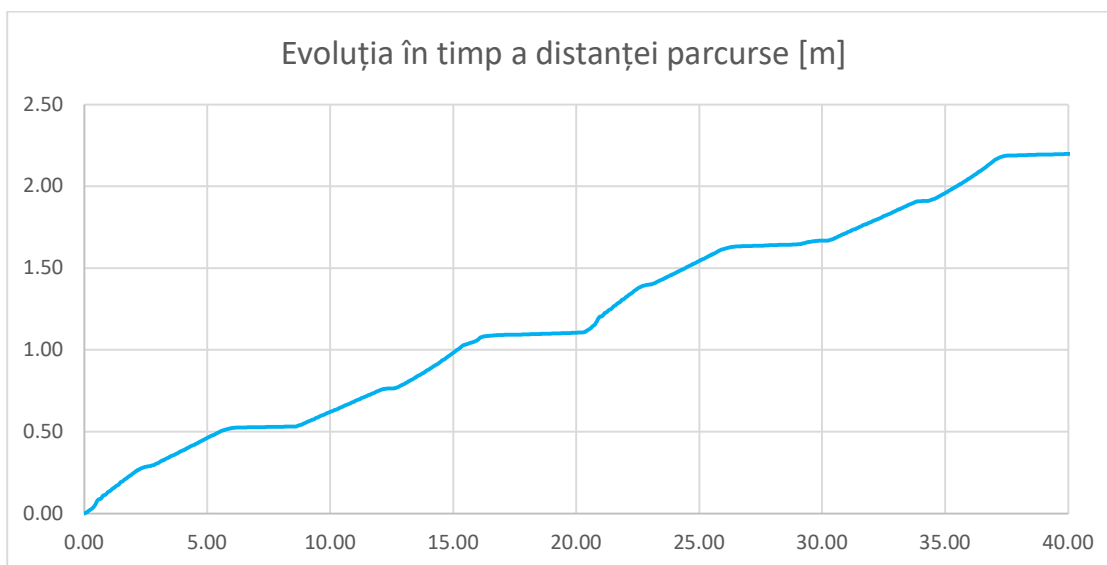


Figura 11 – Graficul distanței parcurse de punctul caracteristic

Analiza cinematică a unui braț robotic cu cinci grade de libertate prin intermediul instrumentului Tracker

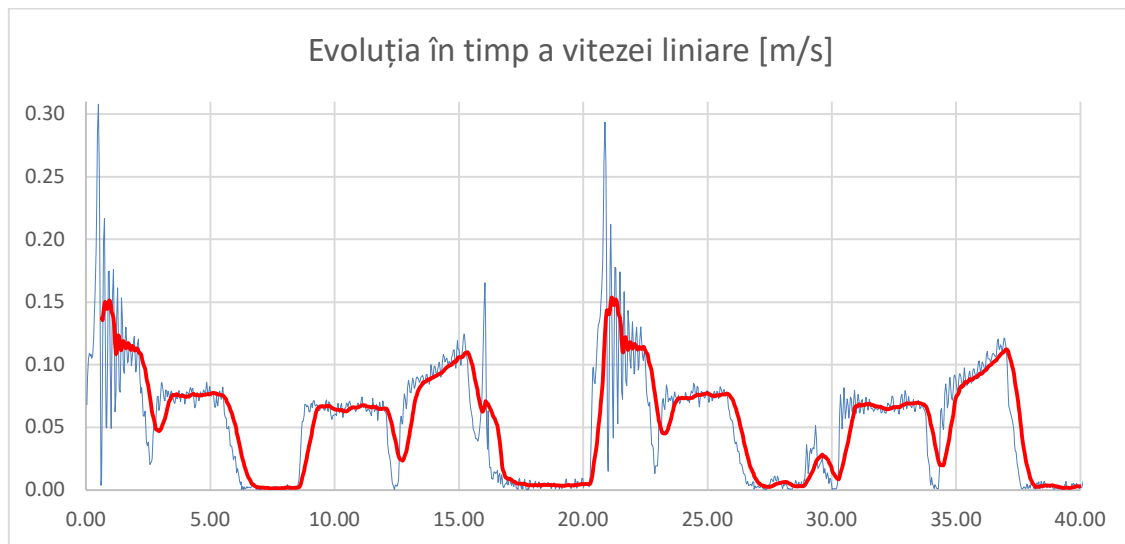


Figura 12 – Graficul vitezei punctului caracteristic

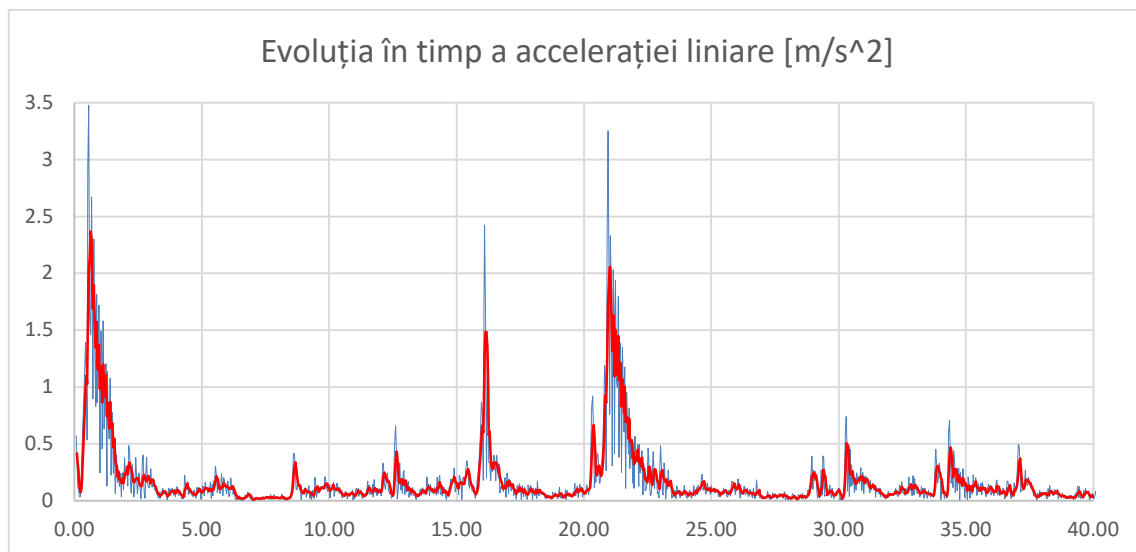


Figura 13 – Graficul accelerației punctului caracteristic

CONCLUZII

Pentru ciclurile I.a și II.a (coborârea brațului către sarcina ce urmează a fi ridicată), graficele deplasărilor se suprapun. Comportarea brațului este predictibilă, practic brațul realizează același tip de mișcare, neavând sarcină.

Ciclul I.b (ridicarea brațului fără sarcină) are o reprezentare grafică ușor diferită, masele elementelor cinematice acționează în sens opus mișcării, totuși fără o influență semnificativă a preciziei de poziționare.

Graficul deplasării în cazul ciclului final (II.b) se diferențiază clar, în sensul că, punctul caracteristic nu se mai întoarce pe poziția inițială, iar timpul de răspuns în zona de început a ridicării sarcinii este mai mare (masa manipulată adăugându-se maselor elementelor cinematice).

De asemenea, se observă că și graficele vitezelor și accelerațiilor au forme diferite, curbele fiind semnificativ diferite pentru ciclurile I.b și II.b.

Principala explicație pentru aceste diferențe este legată de calitatea motoarelor din componența brațului, motoare care nu au precizia necesară poziționării precise la punct fix (atunci când lucrează pe cele trei cicluri de urcare/coborâre fără sarcină și mai ales, pe ciclul de urcare cu sarcină)

Bibliografie

[1] <https://physlets.org/tracker/>;

[2] Arduino Uno - R3, CC BY 2.0, By SparkFun Electronics from Boulder, USA - <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26785892> pdf (pagină accesată în data de 15.05.2018);

Foto: Arhiva autorilor.