

**Mutică Tudor**  
**Bacău**

# SmartifyBot

Sectiune: Roboti

Categorie: Seniori

Mutică Tudor-Gabriel

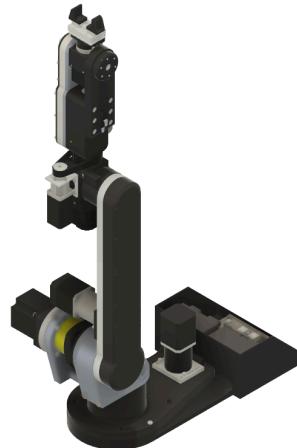
Colegiul Național "Ferdinand I"

Bacău

Profesor coordonator:

Întuneric Ana, Colegiul Național "Ferdinand I",

Bacău



## Introducere

SmartifyBot este un sistem robotic avansat, conceput pentru a răspunde provocărilor diverselor domenii aplicate, inclusiv reciclarea PET-urilor, gravarea și tăierea materialelor, imprimarea 3D și manipularea obiectelor și substanțelor periculoase. Acest robot industrial cu braț articulat pe 6 grade de libertate (DOF) integrează inteligență artificială și controlul vocal, oferind o soluție versatilă și eficientă pentru sarcini automate în medii de producție și alte aplicații industriale, dar și pentru asistență casnică.

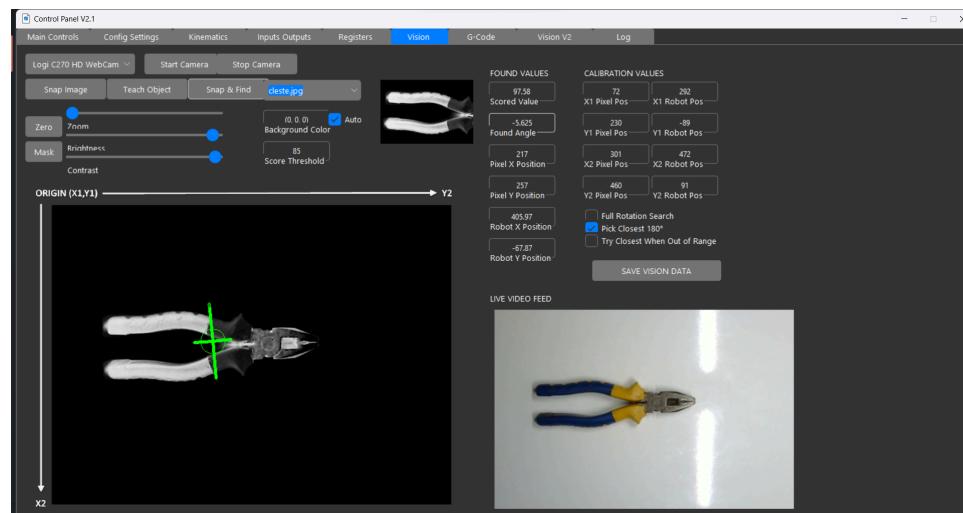
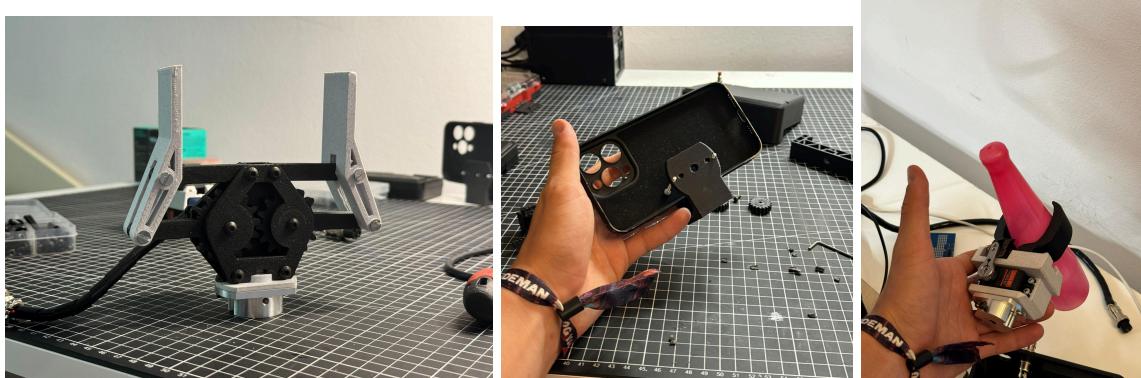
## Scopul Proiectului

Scopul principal al SmartifyBot este de a îmbunătăți eficiența proceselor industriale și de reciclare prin:

- **Eficiență Operațională:** Optimizarea proceselor de manipulare și reciclare, reducând timpul și costurile.



- **Flexibilitatea și Adaptabilitatea:** Crearea unei platforme versatile care poate fi configurată pentru diferite sarcini, cum ar fi asamblarea, tăierea și gravarea materialelor.
- **Interacțiunea Intuitivă:** Integrarea unui sistem de comandă vocală și a unei interfețe grafice ușor de utilizat.
- **Operare la Distanță:** Permite controlul și monitorizarea de la distanță pentru utilizare în medii periculoase sau inaccesibile prin RDC (Remote Desktop Connection).
- **Inovare Tehnologică:** Implementarea de tehnologii avansate, inclusiv module de imprimare 3D și laser.
- **Dezvoltarea Brațului Robotic Autonom:** Crearea unui sistem capabil să opereze independent.
- **Îmbunătățirea Reciclării:** Optimizarea procesului de reciclare prin tehnologie avansată.
- **Colaborarea cu Specialiști:** Parteneriate pentru îmbunătățirea proceselor de reciclare.
- **Extinderea Funcționalităților:** Dezvoltarea de module suplimentare pentru diverse aplicații.

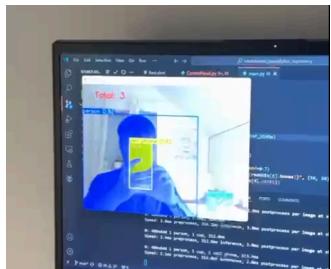


# Problema Identificată

Reciclarea PET-urilor este adesea costisitoare și dificilă, în special în ceea ce privește sortarea manuală după culori. SmartifyBot abordează această problemă prin automatizarea sortării PET-urilor și extinde funcționalitatea sa pentru alte aplicații industriale.



Brațul robotic cu 6DOF și capul modular permit execuția sarcinilor complexe precum gravarea, imprimarea 3D și manipularea obiectelor, toate integrate cu inteligență artificială pentru recunoaștere



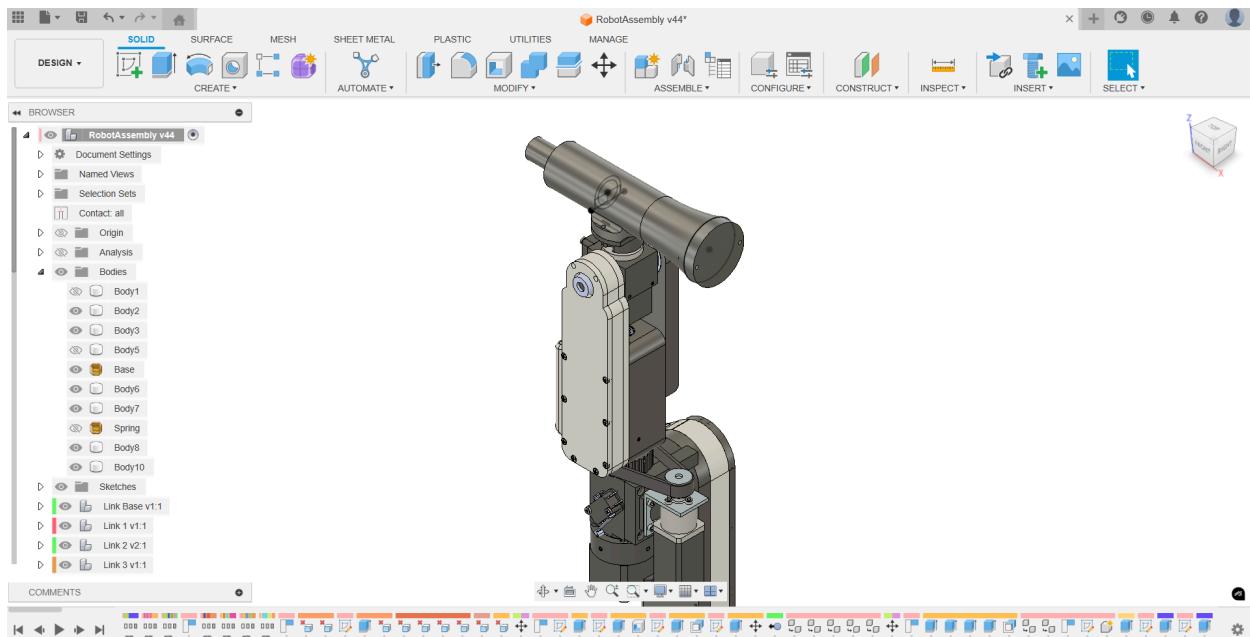
și adaptare în timp real.

## Metode Folosite

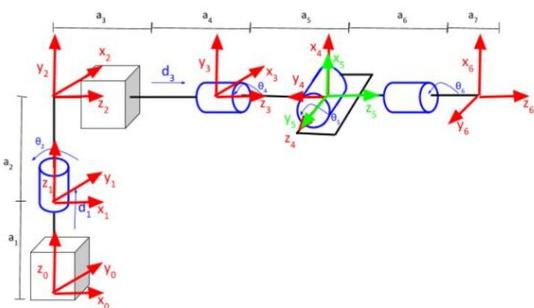
Scopul principal al SmartifyBot este de a îmbunătăți eficiența proceselor industriale și de reciclare prin:

### 1. Proiectarea Brațului Robotic

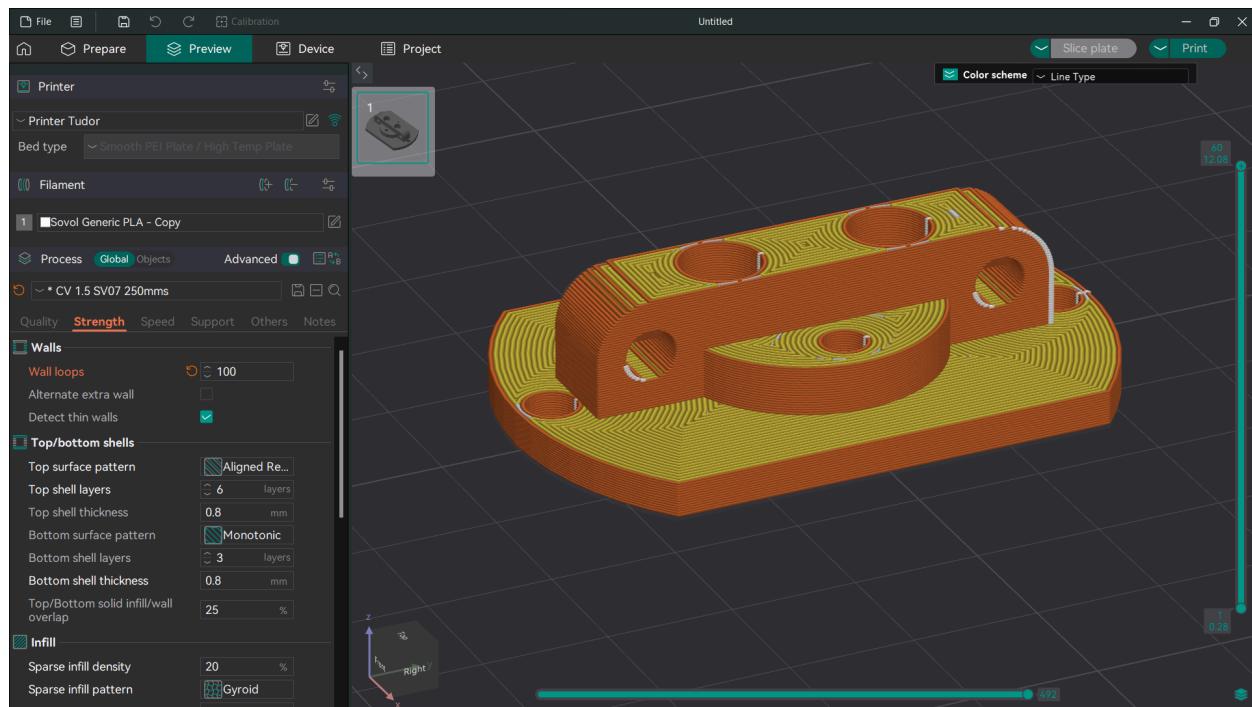
**CAD și Modelare 3D:** Am folosit software-ul Fusion 360 pentru proiectarea brațului robotic și a modulelor. Modelarea a inclus aspecte de performanță și integrare a componentelor.



**Cinematică Inversată:** Am implementat cinematică inversă pentru a calcula mișările necesare articulațiilor pentru a atinge poziții și orientări specifice ale endeffector-ului.



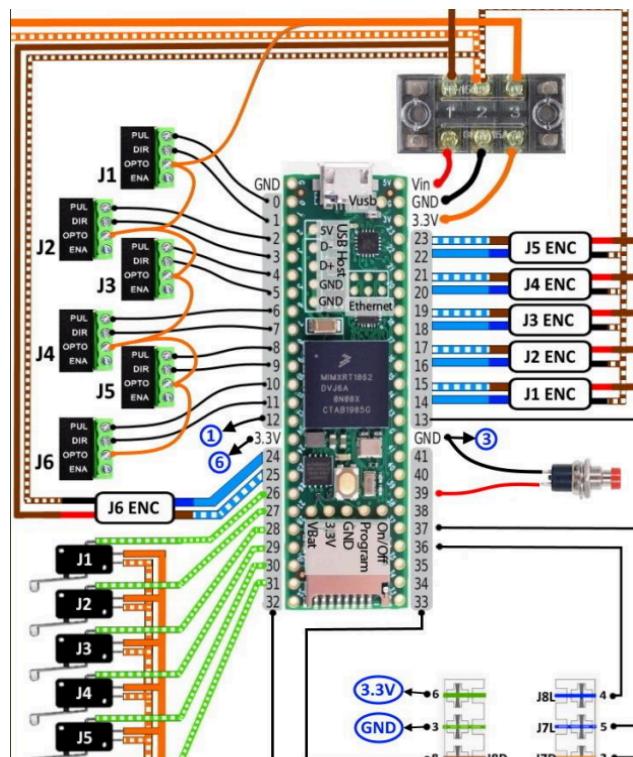
**Materiale și Componente:** Pieele structurale sunt realizate din aluminiu prelucrat la CNC, iar alte componente sunt printate 3D din PLA. Articulațiile utilizează motoare stepper cu gearbox, encoder și limit switch, folosind curele și tijă filetată pentru transformarea mișcării verticale în mișcare rotativă.



## 2. Partea Electronică

### Controlul Articulațiilor:

Controlul mișcării celor sase articulații ale robotului se realizează prin intermediul unei plăci Teensy 4.1. Aceasta nu doar că gestionează accelerarea mișcărilor și calculează cinematică inversată, dar se ocupă și cu



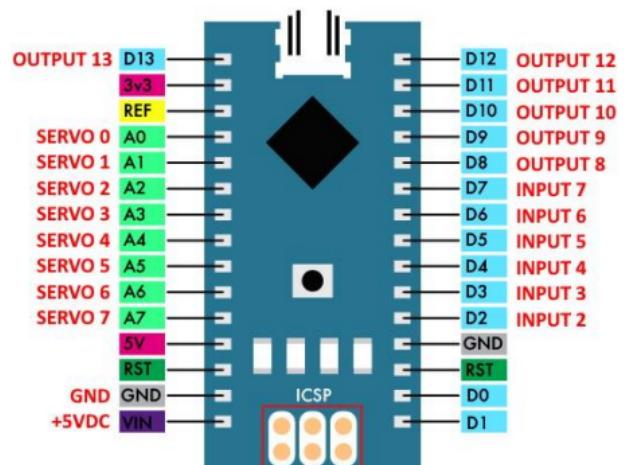
traiectorii complexe precum spline-uri și orbit-uri.

Placa Teensy 4.1 este conectată la drivelele stepper pentru motoare, la encodere pentru monitorizarea poziției și la limit switch-uri pentru prevenirea depășirii limitelor de mișcare, asigurând astfel o funcționare precisă și sigură a robotului.



### Module Separatoare:

Modulele de imprimare 3D, gravare și manipulare sunt te cu circuite electronice separate. Modulul gheară este acționat de un motor servo, controlat de un Arduino Mega care permite integrarea de senzori suplimentari și motoare adiționale.



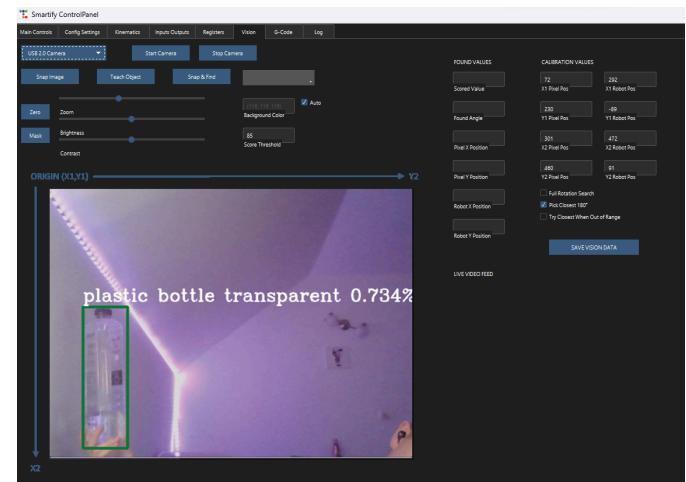
**!!!Alimentarea este făcută de cadre o sursă de 24V si 11A!!!**



### 3. Integrarea Inteligenței Artificiale

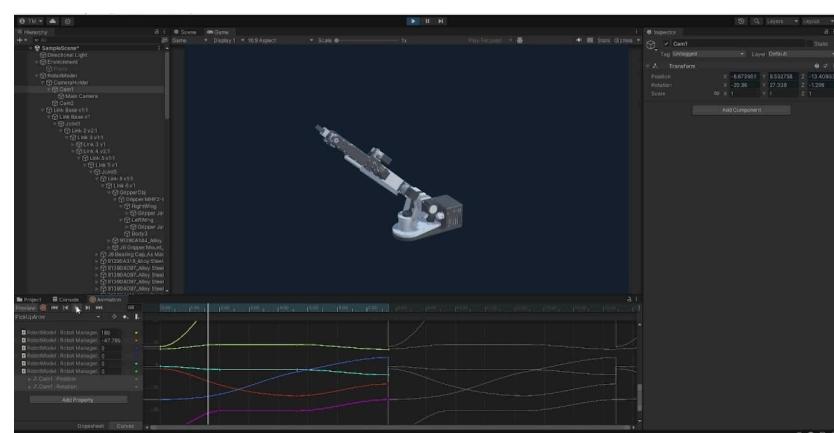
**Recunoașterea și Sortarea:** Am utilizat algoritmi de învățare automată și tehnologia YOLO pentru recunoașterea și clasificarea PET-urilor. AI-ul este antrenat pe seturi de date relevante pentru a asigura o sortare precisă și eficientă.

**Antrenarea AI:** Utilizarea seturilor de date de pe GitHub și ajustarea parametrilor pentru optimizarea recunoașterii materialelor.



### 4. Simularea și Testarea

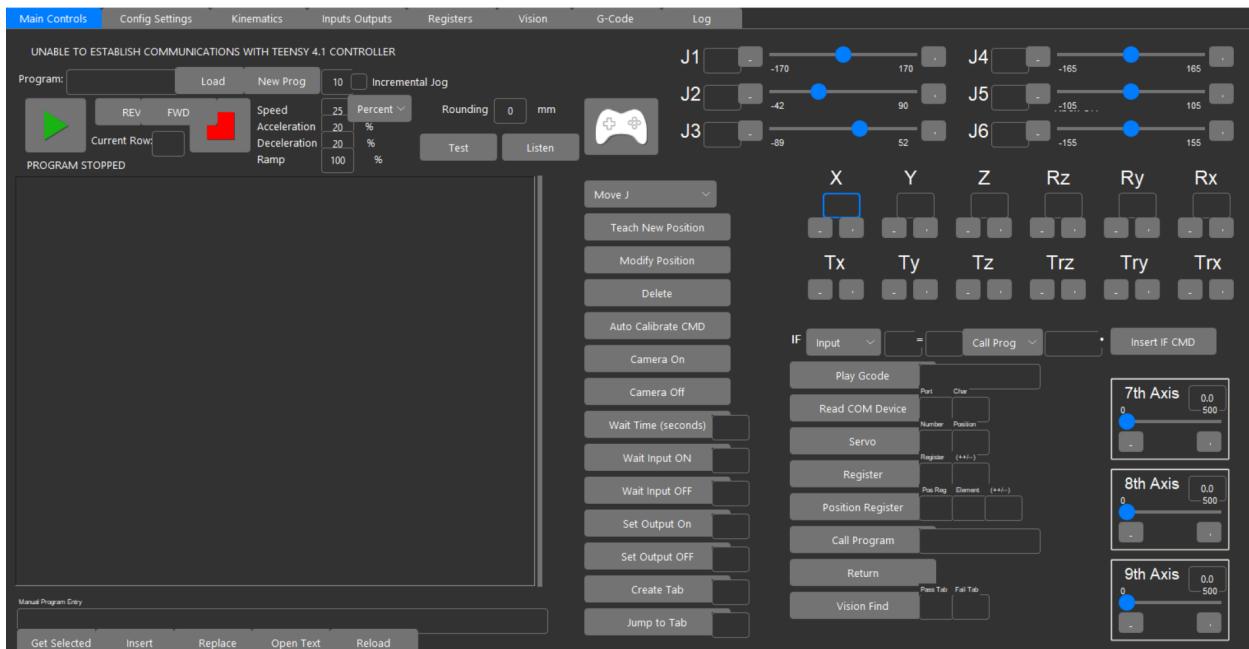
**Simulare în Unity:** Am dezvoltat o simulare în Unity pentru testarea mișcărilor brațului robotic și identificarea problemelor într-un mediu virtual înainte de implementarea fizică.



**Testarea Componentelor:** Testarea și evaluarea componentelor electronice pentru a asigura performanța și fiabilitatea acestora.

## 5. Software și Interfață

**Interfață Grafică:** Software-ul include o interfață grafică intuitivă care facilitează programarea și controlul robotului, inclusiv rularea de comenzi G-Code pentru gravare și imprimare 3D.



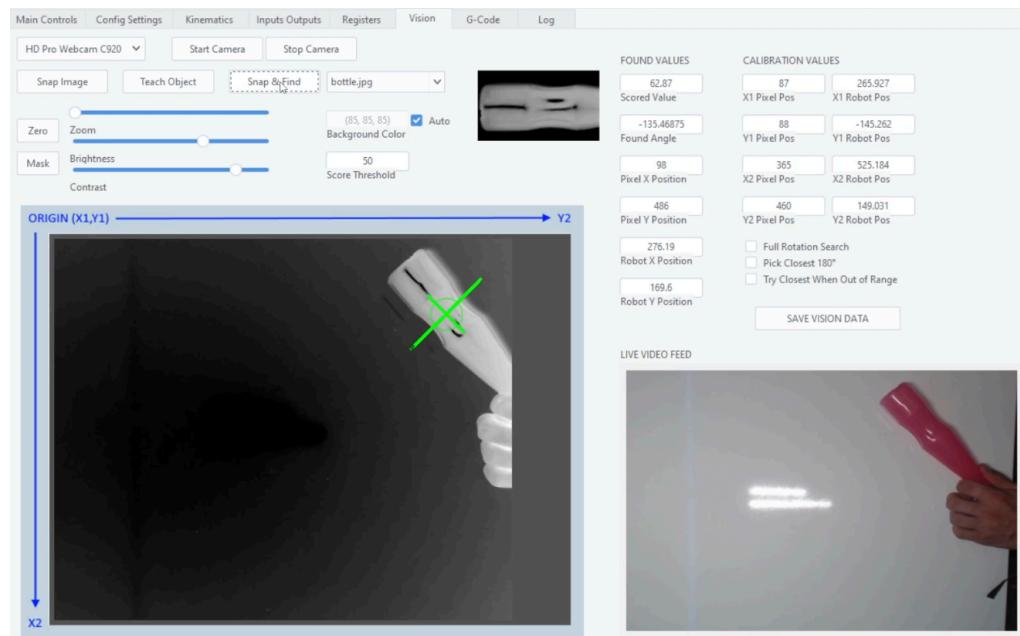
**Comandă Vocală:** Integrarea unui asistent virtual pentru controlul vocal al brațului robotic, permitând rularea de acțiuni și comenzi fără contact fizic.

### Programare Secvențială:

Software-ul permite rularea de comenzi secvențiale, loop-uri și diverse tipuri de mișcări, inclusiv liniare, spline-uri și orbit-uri.

```
##BEGINNING OF PROGRAM##
Tab Number 0
Servo number 0 to position: 100
Move J [*] X 264.690 Y -23.875 Z 312.222 Rz 7.251 Ry 163.015 Rx -1.116 J7 0.0 J8 0.0 J9 0.0 Sp 100 Ac 20 Dc 20 Rm 100 $ F
Vis Find - GUI_ControlPanelV4//bottle.jpg - BGcolor (Auto) Score 50 Pass 1 Fail 0
Tab Number 1
Position Register 1 Element 3 = 25
Move Vis [ PR: 1 ] [*] X 265.808 Y -0.013 Z 157.849 Rx 120.254 Ry 128.839 Rx 5.246 J7 0.0 J8 0.0 J9 0.0 Sp 100 Ac 20 Dc 20 Rm
Position Register 1 Element 3 = -25
Move Vis [ PR: 1 ] [*] X 265.808 Y -0.013 Z 157.849 Rx 120.254 Ry 128.839 Rx 5.246 J7 0.0 J8 0.0 J9 0.0 Sp 100 Ac 20 Dc 20 Rm
Servo number 0 to position: 0
Position Register 1 Element 3 = 100
Move Vis [ PR: 1 ] [*] X 265.808 Y -0.013 Z 157.849 Rx 120.254 Ry 128.839 Rx 5.246 J7 0.0 J8 0.0 J9 0.0 Sp 100 Ac 20 Dc 20 Rm
If Register # 10 = 1 : Jump to Tab 11
Jump Tab-12
Tab Number 11
Move J [*] X 530.877 Y -303.356 Z 174.124 Rz 4.583 Ry 80.588 Rx 2.698 J7 0.0 J8 0.0 J9 0.0 Sp 100 Ac 20 Dc 20 Rm 100 $ F
Servo number 0 to position: 100
Jump Tab-0
Tab Number 12
Move J [*] X 589.767 Y -161.338 Z 174.124 Rz -5.604 Ry 80.791 Rx 14.663 J7 0.0 J8 0.0 J9 0.0 Sp 100 Ac 20 Dc 20 Rm 100 $ F
Servo number 0 to position: 100
Jump Tab-0
```

**Vision System:** Utilizarea unei camere Logitech C920 pentru detectarea și sortarea PET-urilor pe baza culorii și a altor caracteristici vizuale.



## 6. Autocalibrarea Sistemului de Vision

Un aspect esențial al SmartifyBot este capacitatea sa de a funcționa autonom în medii necunoscute, fără intervenția umană directă. Acest lucru este realizat printr-un sistem de viziune avansat care include funcționalitatea de autocalibrare. Iată cum se realizează acest proces:

### 6.1. Componentele Sistemului de Vision

Software de Procesare a Imaginilor: Algoritmi și modele de inteligență artificială care analizează și interpretează imaginile capturate de cameră.



## 6.2. Procesul de Autocalibrare

Autocalibrarea permite robotului să ajusteze automat parametrii sistemului său de viziune pentru a se adapta la condiții variabile și necunoscute. Iată pașii principali ai acestui proces:

CALIBRATION VALUES	
87 X1 Pixel Pos	265.927 X1 Robot Pos
88 Y1 Pixel Pos	-145.262 Y1 Robot Pos
365 X2 Pixel Pos	525.184 X2 Robot Pos
460 Y2 Pixel Pos	149.031 Y2 Robot Pos
<input type="checkbox"/> Full Rotation Search	
<input type="checkbox"/> Pick Closest 180°	
<input type="checkbox"/> Try Closest When Out of Range	
<b>SAVE VISION DATA</b>	

### 6.2.1. Inițializarea și Capturarea Imaginilor de Referință:

Capturarea Imaginilor de Start: La început, robotul capturează imagini de referință din mediu. Aceste imagini sunt folosite pentru a stabili un cadru de bază pentru toate ajustările ulterioare.

Detectarea și Analiza Mediului: Camera analizează caracteristicile ambientale, inclusiv variațiile de iluminare, contraste și texturi.

### 6.2.2. Detectarea și Corectarea Erorilor:

Detectarea Deformărilor și Distorziunilor: Algoritmii de procesare a imaginilor identifică distorsiunile care ar putea afecta precizia sistemului de viziune. Aceste distorsiuni pot fi cauzate de unghiuri de vizualizare inadecvate sau schimbări în condițiile de iluminare.

Calculul și Aplicarea Corecțiilor: După identificarea distorsiunilor, sistemul calculează parametrii de corecție, inclusiv ajustarea distanței focale, a poziției și a unghiului camerei, și aplică aceste corecții automat.

FOUND VALUES	
Scored Value	62.87
Found Angle	-135.46875
Pixel X Position	98
Pixel Y Position	486
Robot X Position	276.19
Robot Y Position	169.6

### 6.2.3. Ajustarea Dinamică a Parametrilor:

Adaptarea la Condiții Schimbătoare: Sistemul monitorizează în permanență condițiile de iluminare și alte variabile de mediu, ajustând parametrii de captură a imaginii pentru a menține o calitate constantă.

### 6.2.4. Validarea și Testarea Autocalibrării:

Testare Periodică: Robotul efectuează teste periodice pentru a valida corectitudinea calibrării, asigurându-se că ajustările sunt încă valide și că performanța sistemului este optimă.

Actualizarea Algoritmilor: Algoritmii sunt actualizați periodic pentru a integra noi tehnici de procesare a imaginilor și pentru a răspunde la variațiile complexe ale mediului.

### Beneficiile Autocalibrării

Independentă: Robotul nu necesită intervenție umană pentru ajustarea parametrilor de viziune, ceea ce îl face ideal pentru medii necunoscute și schimbătoare.

Precizie Îmbunătățită: Prin corectarea automată a erorilor, sistemul de viziune menține o precizie ridicată în recunoașterea și manipularea obiectelor.

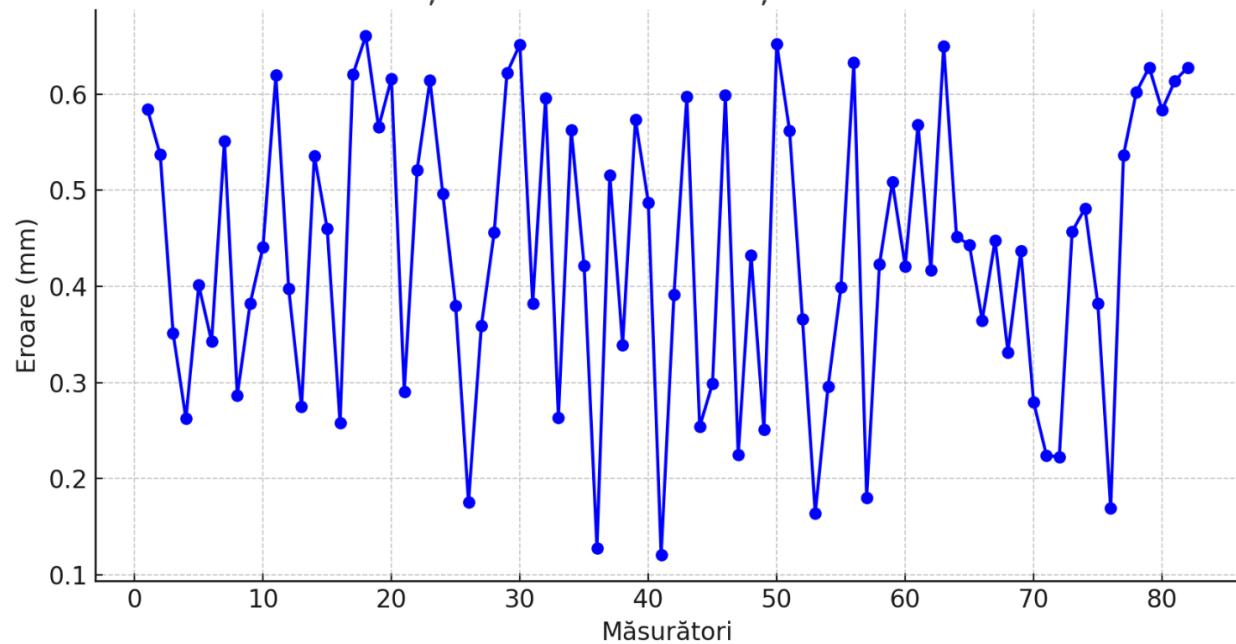
Eficiență Operațională: Autocalibrarea reduce timpul necesar pentru pregătirea și configurarea robotului, permitându-i să înceapă lucrul mai repede și să se adapteze la schimbări în mediu.

## Rezultate și Concluzii

**SmartifyBot** a demonstrat o performanță excelentă în sortarea PET-urilor cu o precizie ridicată, chiar și în condiții de lumină nefavorabilă. Sistemul robotic a funcționat eficient, îmbunătățind semnificativ procesul de reciclare și oferind soluții inovatoare pentru diverse aplicații industriale. Prin integrarea tehnologiilor avansate și a unui control intuitiv, SmartifyBot reprezintă un pas important în automatizarea industrială și reciclarea eficientă.



### Acuratețea robotului în funcție de măsurători



### Procent Variabil

