

STRATEGIES FOR MOVING AN AUTONOMOUS ROBOTIC SYSTEM APPLICATION STUDY: MAZE

NEDELCU Andreea Raluca

Facultatea: Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Informatică Aplicată în Inginerie Industrială,
Anul de studii: IV, e-mail: andreea.raluca.nedelcu98@gmail.com

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Bogdan GRĂMESCU**

SUMMARY: The theme of the project “Strategies for moving an autonomous robotic system” involves an analysis of several possible routes through an autonomous robotic system and guiding it through a maze to find the shortest way out. The guidance of this autonomous system takes place in a labyrinth. The autonomous robotic system is represented by a car that will have 2 drive wheels and a passive support wheel, which has the role of balancing the system. This car will be a HYBRID one, it will follow both the walls and the lines (strips) that make up the labyrinth. The line will be tracked by infrared sensors. There will be 3 ultrasonic sensors in the system to measure the distance or speed of the system from a detected object. The program must know that when the line appears to follow it and when it disappears to follow the wall, and for this it is necessary to know the tracking strategies through a maze and to analyze which of them is most useful to us.

CUVINTE CHEIE: strategies, autonomous robotic system, maze, HYBRID.

1. Introducere

În zilele noastre, termenul de labirint se referă la o organizație complexă, sinuoasă, precisă (arhitectură, urbanism, grădini, peisaje) sau abstractă (structuri, moduri de a gândi), în care un om se poate pierde. Traseul labirintului este dificil de urmărit și de perceput în totalitate. Aici te rătăcești cu ușurință sau tinzi să te întorci pe același traseu pentru a-l străbate din nou.

Un truc simplu pentru a găsi ieșirea (o deschidere) a unui labirint constă în urmărirea continuă fie a peretelui drept, fie a peretelui stâng al labirintului – de exemplu, ținând mâna pe perete fără a o ridica vreodată.

Un alt truc ar fi plasarea unor semne ajutătoare, pentru a ne ajuta să evităm repetarea drumurilor parcurse deja.[1]



Fig. 1.1 Urmărirea continuă a peretelui unui labirint[2]

Totuși, chiar dacă aplicăm aceste tehnici, există un factor important care ar trebui luat în considerare; raportarea la starea emoțională și psihică a fiecărui om în parte și cât de rațional poate rămâne într-o situație cu un nivel de dificultate ridicat, în care calea de parcurs este necunoscută, o închisoare ce poate provoca foarte ușor o prăbușire a propriului sine.

O provocare interesantă este implicarea sistemelor robotice autonome în identificarea traseului optim într-un labirint. Strategiile urmărite pot fi cele umane adaptate echipamentelor autonome dar se pot dezvolta și strategii specifice nu mai acestora.

Lucrarea studiată are ca prim-obiectiv de a realiza un sistem autonom – în cazul nostru o mașină care se va putea deplasa într-un labirint urmând urma unei linii aflată pe sol, sau urmând pereții aflați la stânga sau la dreapta sistemului.

În prezent modelul sistemului robotic autonom este finalizat. Sistemul robotic autonom este o mașină proiectată în soft-ul de proiectare Solidworks. Componentele au fost stabilite conform îndeplinirii obiectivului propus.

Următorul pas este acela de a cerceta și demonstra care dintre strategiile de deplasare printr-un labirint ne este cea mai potrivită, iar mai apoi să aplicăm ceea ce am stabilit. În momentul actual am reușit doar să analizez aceste strategii de deplasare.

2. Stadiul actual

Construcția unui robot cere cunoștințe din domenii foarte diferite. Pentru a îndeplini chiar o misiune foarte simplă, este nevoie de sisteme complicate, care acoperă multe discipline cuprinse în domeniul mecatronicii.

Prin abstractizare, robotica poate fi divizată natural în trei domenii:

- Percepție: un robot trebuie în general să “simtă”, pentru a primi informații despre mediul înconjurător.

- Cunoaștere: informațiile în sine însă nu folosesc la nimic: robotul trebuie să “înțeleagă” ce se petrece, să dezvolte planuri, să evalueze situații, etc.

- Acțiune: un robot ar fi inutil dacă nu ar putea să facă ceva: să se deplaseze, să transforme în mod intenționat mediul înconjurător, să exploreze, într-un cuvânt, să acționeze.

În anumite cazuri prin eliminarea cunoașterii se obține ceea ce se numește comandă de la distanță, în care caz nu există decizie la nivelul robotului, fiind discutabilă însăși denumirea de robot.

Percepția include practic tot ceea ce ține de senzorii prin care robotul poate primi informații despre mediul în care operează. Diversitatea senzorilor este practic nelimitată: un robot poate înregistra imagini, măsura distanțe, accelerații, câmpuri magnetice, orientări, poziții geografice, viteze, etc. Există un număr mare de senzori utilizați pentru percepție în robotică.

Prin cunoaștere se referă la faptul că roboții au nevoie de o putere substanțială de calcul pentru a procesa informațiile venite de la senzori, extrăgând informațiile esențiale. Dar odată aflate, mai rămâne de pus la punct setul de acțiuni care trebuie îndeplinite pentru a duce la bun sfârșit sarcinile robotului. Aici intră în joc “creierul” robotului. Prin asemuire cu funcțiunea principală a creierului uman, numim această activitate a robotului “cunoaștere”. Se pot distinge trei mari tipuri de activitate de cunoaștere: învățare, planificare și control.

Prin acțiune se înțelege faptul că un robot ar fi inutil dacă nu ar putea să facă ceva: să se deplaseze, să transforme în mod intenționat mediul înconjurător, să exploreze, într-un cuvânt, să acționeze.[3]

Astfel, robotul propus are rolul de a percepe mediul în care se află și va avea abilitatea de a parcurge un labirint prin intermediul senzorilor care vor analiza atât pereții din jurul său, cât și linia de pe sol. Componentele care permit acționarea robotului sunt următoarele: cele două motoare de curent continuu care permit mișcarea roților, roata auxiliară pentru a menține echilibrul sistemului, driverul de tipul L298n care acționează motoarele, placa de dezvoltare Arduino care va fi programată pentru ca sistemul să-și îndeplinească rolul în spațiul nostru – labirint, cei trei senzori ultrasonici care detectează obiectele din jurul sistemului robotic autonom și cei cinci senzori pentru menținerea poziției și urmărirea benzii, atunci când peretele va dispărea din raza de acțiune a robotului.

Componentele ce alcătuiesc partea mecanică a robotului sunt: șasiul acestuia, suportii pentru motor, suportul pentru baterii, suportii pentru senzori și distanțieri.

Sistemul automat a fost readaptat după un model existent și îmbunătățit în soft-ul de proiectare Solidworks – vezi figura 2.1.

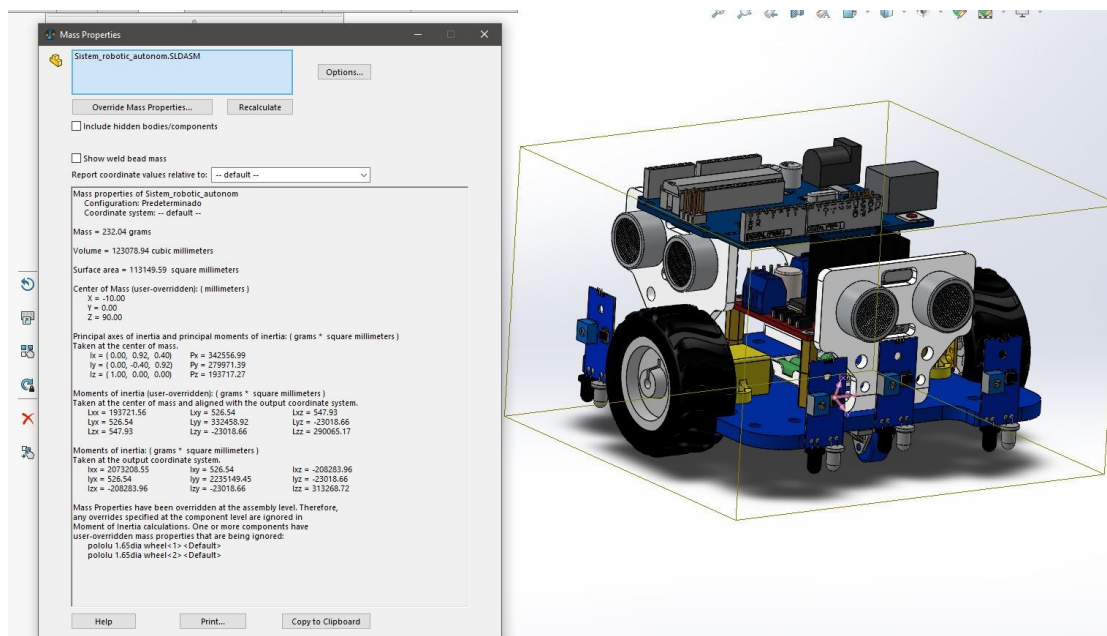


Fig. 2.1 Modelul 3D realizat în soft-ul de proiectare Solidworks[4]

După finalizarea desenului 3D din soft-ul de proiectare Solidworks, am obținut valoarea masei totale, poziția centrului de greutate și momentele de inerție pe axele de mișcare. Aceste valori sunt necesare pentru a putea determina încărcarea pe fiecare roată la sol.

Am realizat și un desen 2D pentru a se vizualiza mult mai bine poziția în care se află centrul de greutate și distanța roților motoare față de roata de sprijin. Aceste valori au fost esențiale pentru stabilirea forțelor de încărcare pe fiecare roată- vezi fig. 2.2.

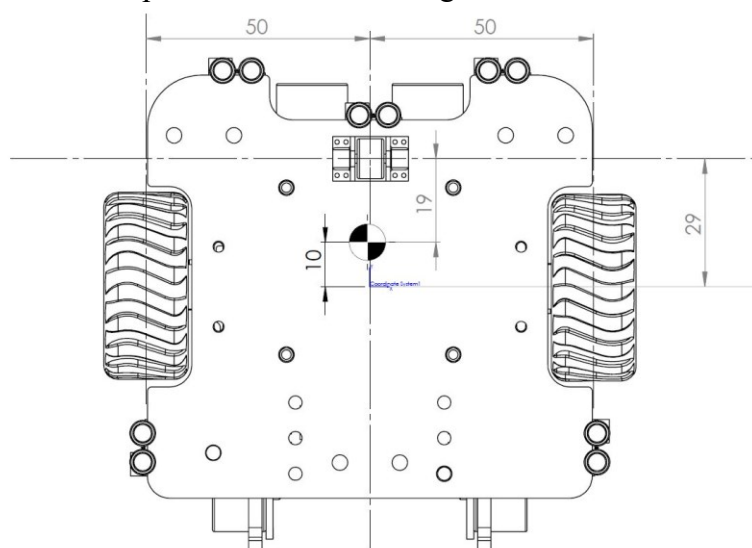


Fig. 2.2 Reprezentarea grafică a poziției centrului de greutate și a reacțiunilor dintre roți și rol

După aflarea acestor valori am realizat următoarele calcule pentru stabilirea încărcării pe fiecare roată [5].

$$M = 0,232\text{Kg}$$

M este masa totală a sistemului.

$$G = M \cdot g = 0,232\text{Kg} \cdot 9,81\text{N} \cdot \text{Kg}^{-1} = 2,275 \text{ N} \quad (1)$$

Avem următoarele valori:

$$a = 29 \text{ mm}, c = 10 \text{ mm}, d = 50 \text{ mm}$$

a este distanța de dintre axa roților motoare și axa roții de sprijin.

c este distanța dintre axa roților motoare și centrul de greutate al robotului.

d este jumătate din distanța dintre roțile motoare.

N1 este reacțiunea dintre roțile motoare și sol.

N3 este reacțiunea dintre roata de sprijin și sol.

$$2 \cdot N_1 \cdot a - G(a - c) = 0 \quad (2)$$

$$2 \cdot N_1 = \frac{G(a - c)}{a} = \frac{2,275\text{N}(29\text{mm} - 10\text{mm})}{29\text{mm}} = 1,491\text{N}$$

$$N_1 = \frac{1,491\text{N}}{2} = 0,745\text{N} \quad (3)$$

$$N_3 = G - 2 \cdot N_1 = 2,275\text{N} - 1,491\text{N} = 0,785\text{N}$$

La pornirea motorului, trebuie să luăm în calcul determinarea accelerației maxime pentru a evita fenomenul de patinare. Acest fenomen va depinde și de încărcarea pe fiecare roată.

$$r = 42 \text{ mm}$$

r este raza roții motoare.

F_a este forța de acționare la nivelul solului, iar F_f este forța de frecare la alunecare dintre roata motoare și sol. Pentru a evita fenomenul de patinare a roților motoare, F_a trebuie să fie mai mică sau egală cu F_f.

$$\mu = 0,2$$

μ este coeficientul de frecare la alunecare dintre roțile motoare și sol.

$$F_a = 2 \cdot \mu \cdot N_1 = 0,4 \cdot 1,491\text{N} = 0,596\text{N} \quad (4)$$

M_a este momentul de acționare la axul fiecărei roți motoare.

$$M_a = \frac{F_a \cdot r}{2} = \frac{0,596\text{N} \cdot 42\text{mm}}{2} = 12,521\text{mNm} \quad (5)$$

M_m este momentul motor la axul roții motoare.

M_r este momentul rezistent la axul roții motoare și este dat de frecarea din lagăre.

$$M_m = \frac{M_a + M_r}{\eta_t} \quad (6)$$

$$r_{\text{lagar}} = 6\text{mm}$$

$$\mu_{\text{lagar}} = 0,2$$

$$\eta_t = 0,95$$

r_{lagar} este raza lagărului roții motoare.

μ_{lagar} este coeficientul de frecare la alunecare din lagărul roții motoare.

η_t este randamentul transmisiei 1:1.

$$M_r = N_1 \cdot \mu_{lagar} \cdot r_{lagar} = 0,745N \cdot 0,2 \cdot 6mm = 0,894mNm \quad (7)$$

$$M_m = \frac{12,521 + 0,894}{0,95} = 14,122mNm \quad (8)$$

M_{mot} este momentul motor al axul motorului.

$\eta_{red} = 0,8$

η_{red} este randamentul reductorului de pe motor.

red este raportul de transmisie din reductorul de pe motor.

$$M_{mot} = M_m \cdot red \cdot \frac{1}{\eta_{red}} = 14,122mNm \cdot \frac{1}{14} \cdot \frac{1}{0,8} = 1,261mNm \quad (9)$$

M_R este momentul de frecare din lagărele motorului.

k_m este constanta de moment a motorului.

i este curentul prin motor.

$M_R = 0,12mNm$

$$k_m \cdot i = M_{mot} + M_R = 1,261mNm + 0,12mNm = 1,381mNm \quad (10)$$

$k_m = 11,4 \text{ Nm/A}$

$$i = \frac{M_{mot} + M_R}{k_m} = \frac{1,261mNm + 0,12mNm}{11,4mNm/A} = 0,121mA \quad (11)$$

R este rezistența electrică a motorului.

$R = 13,7\Omega$

$$U = i \cdot R = 0,121mA \cdot 13,7\Omega = 1,658V \quad (12)$$

F_{fr} este forța de frecare la rostogolire a roților pe sol.

$$M_{fr} = 2 \cdot N_1 \cdot f_1 + N_3 \cdot f_3 = 2 \cdot 0,745N \cdot 0,1mm + 0,785N \cdot 0,1mm = 0,228mNm \quad (13)$$

$$F_{fr} = \frac{M_{fr}}{r} = \frac{0,228mNm}{42mm} = 0,0054N \quad (14)$$

$$m_a \cdot a = F_a - F_{fr} = 0,596N - 0,0054N = 0,591N \quad (15)$$

$a = 2,547m \cdot s^{-2}$ accelerația maximă pentru evitarea patinării.

În urma cercetărilor despre strategiile de ieșire din labirint am constatat că există o serie de algoritmi diferiți pentru rezolvarea labirintului, adică o serie de metode automate. The random mouse”, „Wall follower”, „Pledge” și algoritmul „Tremaux” sunt ideal concepute pentru a se utiliza în interiorul labirintului de un călător/sistem automat, fără a cunoaște harta labirintului, în timp ce „Dead-end filling” și „Shortest path” au fost realizate pentru a fi utilizate de către o persoană sau de un calculator ce pot vedea simultan tot labirintul.

În continuare, voi oferi câteva detalii despre acești algoritmi, iar accentul va fi pus pe modul lor de acționare.[6]

2.1. „Wall follower”[6]

Cea mai cunoscută regulă pentru traversarea labirinturilor este adeptul peretelui, cunoscut și sub denumirea de regula stângă și regula dreaptă. Dacă discutăm despre un labirint conectat, adică dacă toți pereții lui sunt conectați între ei, sau la limita exterioară a labirintului, atunci prin menținerea unei mâini în contact cu un perete al labirintului, programul este programat să nu se piardă și să ajungă la o ieșire diferită - dacă există una; în caz contrar, algoritmul se va întoarce la

intrarea de unde a pornit căutarea, după ce a traversat fiecare coridor de lângă secțiunea de pereți conectați cel puțin odată.

2.2. „Pledge”[6]

Acest algoritm este conceput pentru a ocoli obstacolele și necesită o direcție aleasă în mod arbitrar pentru a merge, și care va rămâne preferențială. Când robotul se întâlnește cu un obstacol, una dintre mâini (să spunem mâna dreaptă) este ținută de-a lungul obstacolului în timp ce unghiurile întoarse sunt numărate (virajul în sensul acelor de ceasornic este pozitiv, virajul în sens invers acelor de ceasornic este negativ). Când solverul se confruntă din nou cu direcția preferențială inițială și suma unghiulară a virajelor efectuate este 0, acesta părăsește obstacolul și continuă să se deplaseze în direcția sa inițială. Mâna este îndepărtată de pe perete numai atunci când atât „suma virajelor făcute”, „cât și poziția curentă” sunt zero. Acest lucru permite algoritmului să evite capcanele în formă de litere mari „G”.

2.3. Algoritmul lui Tremaux [6]

Algoritmul lui Tremaux, inventat de Charles Pierre Tremaux, este o metodă eficientă de a găsi ieșirea dintr-un labirint, și care necesită trasarea liniilor pe podea pentru a marca o cale și funcționează garantat pentru toate labirintele care au pasaje bine definite, dar nu este sigur că va găsi cel mai scurt drum.

Un drum de la o intersecție poate să fie nevizat, marcat o dată sau marcat de două ori.

3. Concluzii

În momentul actual, am adaptat modelul 3D în așa fel încât să se poată realiza studiul propus. Modelul 3D a fost extras de pe platforma GRABCAD, care este o platformă open source, fără drepturi de autor.

Am redimensionat șasiul pentru a putea face loc sursei de alimentare care nu era prezentă în modelul 3D original, am adăugat senzorii de infraroșu și senzorii ultrasonici, am eliminat bilele ajutoare și în locul lor am realizat o roată de sprijin care a fost poziționată la intersecția sistemului de axe, aproape de partea din față a șasiului.

În continuare se va dezvolta soft-ul de control al sistemului, schemele de circuit și analizarea tuturor modalităților de control.

4. Bibliografie

- [1].*** Citate celebre și Enciclopedie, disponibil la adresa <https://www.citate-celebrecogito.ro/mituri-si-simboluri-in-arhitectura-5/> , Ultima accesare a paginii: 13.05.2021.
- [2]. *** Labirint, disponibil la adresa <https://www.ourladyoflustandgrace.com/tumbling-through-the-labyrinth.html> , Ultima accesare a paginii: 13.05.2021.
- [3]. Grănescu Bogdan – “Roboți mobili”, Ediție electronică – CD – ROM, 2018 ISBN 978-973-0-27489-9, 106 pagini, Biblioteca UPB, nr.inv. CS 62632.
- [4].*** GRABCAD, disponibil la adresa <https://grabcad.com/library/bonsai-robot-1>, Ultima accesare a paginii: 13.05.2021, Ultima editare a paginii: 02.02.2020.
- [5]. *** Calculele pentru stabilirea forțelor de pe fiecare roată și accelerația maximă, Fișier PDF, 2020_05_13_Șasiu roți.pdf.
- [6]. *** Maze-solving algorithm, disponibil la adresa https://en.wikipedia.org/wiki/Maze-solving_algorithm , Ultima accesare a paginii: 13.05.2021.