

Laboratorium Robotyki Mobilnej

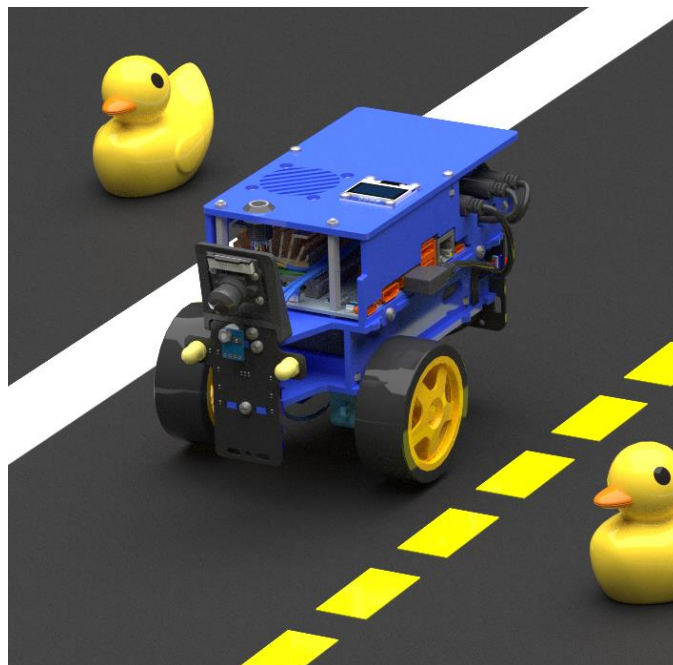
Laboratorium nr 03 Robot z napędem różnicowym

1. Cele ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się ze sterowaniem ruchem robota z napędem różnicowym.

2. Wiadomości wstępne

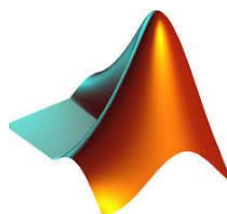
Robot z napędem różnicowym to rodzaj robotów mobilnych, które wykorzystują układ napędowy oparty na zasadzie różnicowej jazdy. Ten typ napędu wykorzystuje dwa oddzielne koła napędowe, które mogą obracać się niezależnie od siebie, co umożliwia robotowi poruszanie się w różnych kierunkach i obrót w miejscu. Prędkość i kierunek ruchu mogą być kontrolowane poprzez zmianę prędkości obrotowej każdego z kół. Dzięki zdolności do obracania się w miejscu, roboty z napędem różnicowym są bardzo manewrowe i mogą poruszać się w wąskich przestrzeniach oraz wykonywać precyzyjne manewry. Konstrukcja oparta na jednym lub dwóch pasywnych kołach skrętnych zapewnia równowagę oraz stabilność. Roboty z napędem różnicowym znajdują szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach, takich jak eksploracja terenowa, inspekcja przemysłowa, logistyka w magazynach, a także w robotyce mobilnej (zob. rys. 1).



Rys. 1. Edukacyjna platforma robotyczna Duckietown wykorzystująca napęd różnicowy [2].

3. Opis stanowiska

Ćwiczenie laboratoryjne będzie miało miejsce w części dydaktycznej laboratorium sztucznej inteligencji i pojazdów autonomicznych Aptiv-AGH. To laboratorium znajduje się w budynku D2 w sali nr 08. Do wykonania ćwiczenia będzie potrzebny komputer PC z zainstalowanym pakietem MATLAB. Ikona programu MATLAB (rys. 2) znajduje się na pulpicie komputera po zalogowaniu na konto użytkownika 'student'. Hasło do logowania zostanie podane przez Prowadzącego zajęcia.

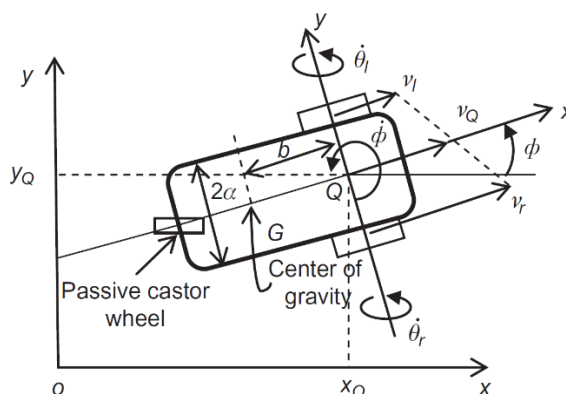


Rys. 2. Ikona programu MATLAB.

4. Wykonanie ćwiczenia

4.1. Zadanie nr 1 (2 punkty)

Geometria robota mobilnego z napędem różnicowym jest przedstawiona na rys. 3.



Rys. 3. Budowa kinematyczna robota z napędem różnicowym [3].

W oparciu o tą geometrię można skonstruować model kinematyczny robota, który będzie opisany za pomocą następujących równań:

$$\dot{x}_Q = \frac{r}{2}(\dot{\theta}_r \cos \phi + \dot{\theta}_l \cos \phi), \quad (1)$$

$$\dot{y}_Q = \frac{r}{2}(\dot{\theta}_r \sin \phi + \dot{\theta}_l \sin \phi), \quad (2)$$

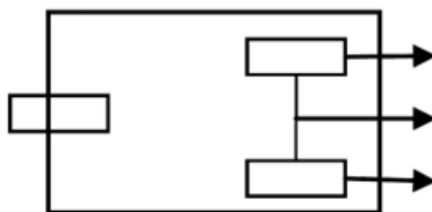
$$\dot{\phi} = \frac{r}{2a}(\dot{\theta}_r - \dot{\theta}_l), \quad (3)$$

gdzie x_Q , y_Q oznaczają współrzędne środka Q osi napędowej robota, r jest promieniem kół, $\dot{\theta}_r$, $\dot{\theta}_l$ są prędkościami kątowymi odpowiednio koła prawego i lewego, ϕ jest odchyleniem osi robota od osi poziomej referencyjnego układu współrzędnych, a oraz b są parametrami określającymi wymiary robota względem środka ciężkości G .

Równania (1), (2), (3) należy zamodelować w środowisku MATLAB przy wykorzystaniu przybornika Simulink. Dodatkowo, ten model należy przedstawić w postaci podsystemu, w którym wejście stanowią zadane prędkości kątowe kół robota, a wyjście to współrzędne środka osi napędowej robota oraz jego orientacja względem osi x. Wartości parametrów modelu oszacować na podstawie edukacyjnej platformy robotycznej Duckietown.

4.2. Zadanie nr 2 (1 punkt)

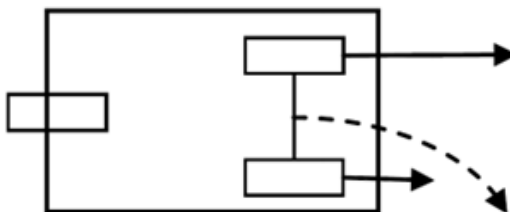
Napisać funkcję w MATLAB-ie, która dla zadanych warunków początkowych określających położenie robota w chwili t_0 oraz jego prędkość v_0 realizuje ruch robota po linii prostej (rys. 4). Funkcja ma zwracać trajektorię robota od zadanej chwili czasu t_0 do czasu końcowego t_1 .



Rys. 4. Ruch robota z napędem różnicowym po linii prostej.

4.3. Zadanie nr 3 (1 punkt)

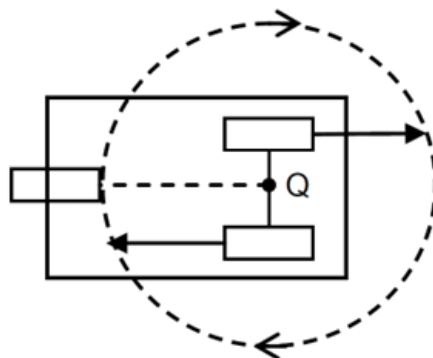
Napisać funkcję w MATLAB-ie, która dla zadanych warunków początkowych określających położenie robota w chwili t_0 oraz jego prędkość v_0 realizuje ruch robota po łuku o określonym promieniu (rys. 5). Funkcja ma zwracać trajektorię robota od zadanej chwili czasu t_0 do czasu końcowego t_1 .



Rys. 5. Ruch robota z napędem różnicowym po łuku.

4.4. Zadanie nr 4 (1 punkt)

Napisać funkcję w MATLAB-ie, która dla zadanych warunków początkowych określających położenie robota w chwili t_0 realizuje obrót robota o określony kąt (rys. 6). Funkcja ma zwracać trajektorię robota od zadanej chwili czasu t_0 do czasu końcowego t_1 .



Rys. 6. Obrót robota z napędem różnicowym.

4.5. Zadanie nr 5 (5 punktów)

Zaimplementować w MATLAB-ie prosty algorytm śledzenia ścieżki dla robota z napędem różnicowym. Algorytm powinien uwzględniać zmianę położenia robota jako złożenie jego podstawowych trybów ruchu: poruszania się po prostej, po łuku oraz obrotu. Działanie algorytmu należy przetestować na różnych ścieżkach zdefiniowanych w ramach poprzedniego ćwiczenia laboratoryjnego, oceniając jego skuteczność w dokładnym podążaniu za wyznaczoną trasą.

Input: path $s \in \mathbb{R}^2$

Output: trajectory $s(t) \in \mathbb{R}^2$, moving time T

- 1: Divide the path s into N segments by the points $s_0, s_1, s_2, \dots, s_N$
- 2: $s_0 \leftarrow$ start point of the path s
- 3: $s_N \leftarrow$ end point of the path s
- 4: $i := 1, T := 0$
- 5: move the robot to the point s_0 with time t_0
- 6: $T = t_0$
- 7: **while** $i \leq N$
- 8: move the robot from point s_{i-1} to s_i with time t_i
- 9: $T = T + t_i, i = i + 1$
- 10: **end while**

5. Analiza i opracowanie wyników

Wszystkie pliki po ukończeniu ćwiczenia laboratoryjnego i akceptacji przez Prowadzącego zajęcia należy wysłać na uczelnianą platformę e-learningową.

6. Materiały pomocnicze i uzupełniające

[1] Dokumentacja środowiska MATLAB jest dostępna z poziomu programu lub poprzez stronę internetową producenta <https://www.mathworks.com/help/matlab/>.

[2] Duckietown, Inc. Website: <https://duckietown.com/>.

[3] Tzafestas, S.G.: *Introduction to mobile robot control*. Elsevier, London, 2014.