Podstawy Automatyki i Robotyki, Laboratorium

Ćwiczenie 11. *Kinematyka prosta manipulatorów*

Program ćwiczenia:

1. Utwórz nowy projekt w programie *Maxima* i wprowadź do niego macierze przekształceń jednorodnych dla transformacji elementarnych: $Rot_x(\Theta)$, $Rot_y(\Theta)$, $Rot_z(\Theta)$, $Tr(a,b,c)$. Zastosuj składnię definicji funkcji, np. dla pierwszej z macierzy przyjmie ona postać:
   ```
   Rotx(t):=matrix([1,0,0,0],[0,cos(t),-sin(t),0],[0,sin(t),cos(t),0],[0,0,0,1]);
   ```
   Wprowadzone macierze będą potrzebne w dalszych punktach ćwiczenia. Zaleca się zapisanie wprowadzonych macierzy do pliku rezerwowego i pracę na jego kopii.

2. Podaj zależności na współrzędne zewnętrzne końcówki manipulatora w układzie bazowym (x, y) w funkcji współrzędnych konfiguracyjnych (Θ_1, Θ_2) dla układu typu SCARA o strukturze rozważanej na wykładzie (dla długości ramion przyjmij oznaczenia d_1 i d_2):

   $x =$

   $y =$

3. Wyżej zapisane zależności można uzyskać przez złożenie przekształceń elementarnych: $r = Rot_z(\Theta_1)Tr(d_1, 0{,}0)Rot_z(\Theta_2)Tr(d_2, 0{,}0)[0{,}0{,}0{,}1]^{\mathrm{T}}$, gdzie wektor $r = [x, y, 0, 1]^{\mathrm{T}}$. Wykonaj obliczenia w programie *Maxima* (mnożenie macierzy reprezentuje operator „kropka”) i sprawdź poprawność rozwiązania przez porównanie z wynikiem z punktu 2. Przedstaw rezultat prowadzącemu.

4. Pliki `circle.txt`, `square.txt` i `triangle.txt` zawierają w dwóch kolumnach ciąg kolejnych wartości kątów (Θ_1, Θ_2), wyrażonych w stopniach, które podane na rozważany manipulator typu SCARA spowodują wykreślenie przez jego końcówkę kształtów odpowiednio: okręgu, kwadratu i trójkąta.

   Uzupełnij skrypt *Scilaba* `ScaraPlot.sce`, w miejscu oznaczonym odpowiednim komentarzem, o instrukcje wykonujące przeliczenie z ciągu kątów Θ_1, Θ_2, reprezentowanych przez zmienne `t1`, `t2`, do współrzędnych zewnętrznych `x`, `y`. Przyjmij długości ramion manipulatora:

   $d_1 =$ …… $d_2 =$ ……

   Wykonaj skrypt dla trzech kolejnych plików z danymi i sprawdź, czy uzyskiwane wykresy, przedstawiające trajektorię końcówki manipulatora w układzie bazowym, mają postać regularnego okręgu, kwadratu i trójkąta. Jeden z wykresów przedstaw prowadzącemu.

5. W skrypcie `ScaraSim.sce` wprowadź wartości zmiennych `d1` i `d2`, reprezentujące długości ramion robota. Uruchom skrypt dla trzech kształtów trajektorii, jak w punkcie 4. Zostanie przeprowadzona animacja pracy manipulatora dla zadanej trajektorii. Zwróć uwagę na ruch robota i odpowiadające mu zmiany współrzędnych konfiguracyjnych, wyświetlane na dolnym wykresie. Jeden z wyników animacji przedstaw prowadzącemu.

6. Wygeneruj losowo trzy różne pary liczb całkowitych z przedziału [0, 359], odpowiadające trzem konfiguracjom (Θ_1, Θ_2) manipulatora SCARA. Parę takich liczb można uzyskać

przy pomocy instrukcji *Scilaba*: `grand('setsd',getdate('s'))` jednorazowo, następnie `grand(1,2,'uin',0,359)` dla każdej pary. Dokonaj przeliczenia współrzędnych konfiguracyjnych (Θ_1, Θ_2) na współrzędne zewnętrzne (x, y), wykorzystując program *Scilab* lub *Maxima* i wyniki poprzednich punktów ćwiczenia. Uwzględnij tylko te pary współrzędnych, dla których y > 0, odrzucając przypadki niespełniające tego warunku. Na podstawie uzyskanych wyników wypełnij poniższą tabelę:

Punkt	Θ_1	Θ_2	x	y
A				
B				
C				

7. Zmodyfikuj skrypt `ScaraSim.sce`, zastępując fragment wczytujący wartości `t1` i `t2` kodem, który wygeneruje trajektorię zamkniętą o kształcie trójkąta we współrzędnych konfiguracyjnych, tzn. ciąg odcinków pomiędzy punktami A→B→C→A, gdzie A, B, C są współrzędnymi (Θ_1, Θ_2) z tabeli przygotowanej wyżej. Przyjmij liczbę punktów n = 70 dla każdego z odcinków. Wykonaj skrypt i sprawdź: czy współrzędne wierzchołków (x, y) w układzie bazowym zgadzają się z obliczeniami z tabeli?, czy kształt odcinków w tymże układzie jest prostoliniowy? Wyniki animacji i wnioski przedstaw prowadzącemu.

8. W programie *Maxima* wprowadź funkcję (analogicznie jak w punkcie 3) przeliczającą współrzędne konfiguracyjne na położenie punktu mocowania narzędzia w układzie bazowym dla robota ABB IRB120 (d_1 = 290, d_2 = 270, d_3 = 302, d_4 = 70, d_5 = 72):

$$r = Tr(0,0,d_1)Rot_z(\Theta_1)Rot_y(\Theta_2)Tr(0,0,d_2)Rot_y(\Theta_3)$$
$$Tr(d_3,0,d_4)Rot_x(\Theta_4)Rot_y(\Theta_5)Tr(d_5,0,0)[0,0,0,1]^{\mathrm{T}}$$

9. Otwórz program *RoKiSim* i wybierz robot ABB IRB120 (*File* → *Load a robot*), usuń narzędzie (*File* → *Remove the tool*).

10. Losowo wygeneruj trzy różne konfiguracje $(\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3, \Theta_4, \Theta_5)$ dla robota ABB IRB120. Uwzględnij ograniczenia nałożone na poszczególne kąty, które są podane w programie *RoKiSim*. Wartości dla kąta Θ_1 można wygenerować np. przy użyciu instrukcji *Scilaba* `grand(3,1,'uin',-165,165)`, analogicznie dla pozostałych kątów. Po uzyskaniu współrzędnych konfiguracyjnych, przelicz je na współrzędne w układzie bazowym (z dokładnością dwóch cyfr po przecinku), wykorzystując funkcję zdefiniowaną w pkt. 8. Na podstawie wyników wypełnij poniższą tabelę:

Punkt	Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4	Θ_5	x	y	z
A								
B								
C								

11. Wprowadź kolejno trzy konfiguracje $(\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3, \Theta_4, \Theta_5)$ z powyższej tabeli do programu *RoKiSim* i sprawdź, czy uzyskiwane współrzędne w układzie bazowym (x, y, z) są zgodne z wynikami obliczeń. Dla jednej z konfiguracji rezultat przedstaw prowadzącemu.