Automatyka i Robotyka w Medycynie, Laboratorium

Ćwiczenie 12. *Kinematyka odwrotna, planowanie trajektorii*

W ramach ćwiczenia rozważany będzie manipulator typu SCARA, którego struktura została omówiona podczas wykładu. Długości ramion manipulatora (jeśli nie podano inaczej):

d_1 = ………… d_2 = …………

Obliczenia i symulacje należy wykonywać korzystając z programu *Scilab*.

Program ćwiczenia:

1. Dla rozważanego manipulatora wyznacz maksymalny (R) oraz minimalny (r) promień pierścienia przestrzeni roboczej:

   R = ………… r = …………

2. Zapisz równania kinematyki odwrotnej, tj. zależności na współrzędne konfiguracyjne (Θ_1, Θ_2) w funkcji współrzędnych zewnętrznych końcówki manipulatora w układzie bazowym (x, y) dla konfiguracji podstawowej („łokieć w dół”):

   $\Theta_1 =$

   $\Theta_2 =$

   oraz dla konfiguracji alternatywnej („łokieć w górę”):

   $\overline{\Theta_1} =$

   $\overline{\Theta_2} =$

3. Wygeneruj losowo parę wartości $x \in (-R, R)$, $y \in (-R, R)$, określających położenie końcówki manipulatora w układzie bazowym, np. przy pomocy instrukcji *Scilaba*: `grand('setsd',getdate('s'))` jednorazowo, następnie `grand(1,2,'uin',-R,R)` dla każdej pary. Sprawdź, czy uzyskane współrzędne znajdują się w przestrzeni roboczej manipulatora. Jeżeli nie, ponawiaj losowanie, aż do uzyskania wyniku pozytywnego. Następnie przelicz otrzymane współrzędne (x, y) na współrzędne konfiguracyjne (Θ_1, Θ_2) dla konfiguracji „łokieć w dół” i zapisz czwórkę wartości $(x, y, \Theta_1, \Theta_2)$ do poniższej tabeli, wyrażając kąty w stopniach. Powtórz tak zdefiniowane czynności trzykrotnie, aż do zapełnienia całej tabeli.

Punkt	x	y	Θ_1	Θ_2
A				
B				
C				

4. Wygeneruj losowo trzy pary współrzędnych konfiguracyjnych manipulatora (Θ_1, Θ_2), wyrażając kąty w stopniach, i wprowadź je do poniższej tabeli. Możesz w tym celu użyć np. instrukcji *Scilaba* `grand(3,2,'uin',0,359)`. Rozpoznaj konfigurację dla

każdego z przypadków i oznacz ją w kolumnie „konf" symbolem ↓ („łokieć w dół") lub ↑ („łokieć w górę").

Punkt	Θ_1	Θ_2	konf	$\overline{\Theta_1}$	$\overline{\Theta_2}$
A					
B					
C					

Dla każdego z punktów wyznacz konfigurację alternatywną $(\overline{\Theta_1},\overline{\Theta_2})$ i wpisz wyniki w dwóch ostatnich kolumnach tabeli. Dla wszystkich przypadków zweryfikuj zgodność konfiguracji (Θ_1,Θ_2) i $(\overline{\Theta_1},\overline{\Theta_2})$ przy pomocy skryptu `InverseTest.sce`. Jeden z wyników weryfikacji przedstaw prowadzącemu.

5. Wyznacz promień c największego koła, jakie można wpisać w przestrzeń roboczą rozważanego manipulatora: c = ……………

6. Utwórz skrypt *Scilaba* i zapisz w nim kod, który wygeneruje trajektorię okręgu stanowiącego kontur koła, o którym mowa w punkcie poprzednim (przykład został przedstawiony podczas wykładu). Trajektoria powinna składać się ze 100 punktów, kolejne wartości kątów Θ_1 i Θ_2 należy zamieścić w macierzach kolumnowych odpowiednio `t1` i `t2`. Na końcu skryptu dodaj wywołanie funkcji wykonującej animację ruchu manipulatora:

   ```
   exec('scara.sci');
   scara(d1,d2,t1,t2);
   ```

   Zweryfikuj poprawność uzyskanej trajektorii i przedstaw wynik prowadzącemu.

7. Wyznacz długość boku a największego kwadratu, jaki można wpisać w przestrzeń roboczą manipulatora (odpowiednia zależność została wyprowadzona na wykładzie): a = ………

   Umieść rozważany kwadrat w przestrzeni roboczej manipulatora, przyjmując współrzędne kolejnych wierzchołków:

   $$p_1 = \left(-\frac{a}{2}, r\right), p_2 = \left(-\frac{a}{2}, r+a\right), p_3 = \left(\frac{a}{2}, r+a\right), p_4 = \left(\frac{a}{2}, r\right)$$

   Podobnie jak dla okręgu rozważanego powyżej, wygeneruj trajektorię, która spowoduje przemieszczenie się końcówki manipulatora po krawędziach kwadratu, przechodząc przez poszczególne wierzchołki, rozpoczynając i kończąc na p_1. Na podstawie animacji zweryfikuj poprawność uzyskanej trajektorii i przedstaw wynik prowadzącemu.

8. Wygeneruj losowo dwie liczby całkowite z przedziału [10, 100], np. za pomocą instrukcji `grand(1,2,'uin',10,100)`, i potraktuj je jako długości boków prostokąta: a = ………, b = ………

   Rozważ manipulator typu SCARA o dwóch ramionach równej długości $d_1 = d_2 = d$, z ograniczeniem przestrzeni roboczej zadanym warunkiem $y \geq 0$. Wyprowadź zależność na minimalną długość ramion d, która umożliwi obsługę prostokątnego obszaru roboczego o bokach a, b i oblicz tę długość dla prostokąta o wylosowanych wymiarach: d = ………

   Podobnie jak w punktach poprzednich, wygeneruj trajektorię, która przemieści końcówkę manipulatora po konturze rozważanego prostokątnego obszaru roboczego. Na podstawie animacji zweryfikuj poprawność uzyskanej trajektorii i przedstaw wynik prowadzącemu.