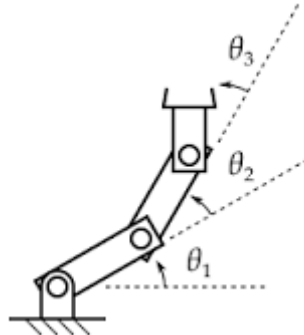


# EVOLUČNÉ ALGORITMY 2016/2017 – veľké povinné zadanie

## Popis

Predpokladajme existenciu robota v tvare kĺbového ramena s tromi rotačnými kĺbmi podľa obrázku.



Článok  $c_0$  je na jednom konci pevne pripevnený k podložke zatiaľ čo na jeho druhom konci sa nachádza prvý rotačný kĺb, spájajúci články  $c_0$  a  $c_1$ . Uhol natočenia prvého kĺbu je  $\theta_1$  (meraný od vodorovného smeru proti smeru hodinových ručičiek). Druhý rotačný kĺb spája články  $c_1$  a  $c_2$  a jeho uhol natočenia je  $\theta_2$  (meraný od predĺženia článku  $c_1$  proti smeru hodinových ručičiek). A napokon článok  $c_2$  je pripojený k článku  $c_3$  pomocou tretieho rotačného kĺbu, ktorého uhol natočenia je  $\theta_3$  (meraný od predĺženia článku  $c_2$  proti smeru hodinových ručičiek). Na konci článku  $c_3$  sa nachádza koncový efektor.

Článok  $c_0$  má dĺžku  $l_0$ , podobne článok  $c_1$  má dĺžku  $l_1$ , dĺžka článku  $c_2$  je  $l_2$  a napokon článok  $c_3$  má dĺžku  $l_3$ . Konkrétne dĺžky článkov sú:  $l_0 = 10\text{cm}$ ,  $l_1 = 70\text{cm}$ ,  $l_2 = 50\text{cm}$  a  $l_3 = 30\text{cm}$ . Každý kĺb kvôli svojej konštrukcii povoľuje rotáciu iba v určitom rozsahu, konkrétne  $\theta_1$  je z intervalu  $\langle 0^\circ, 180^\circ \rangle$ ,  $\theta_2$  je z  $\langle -150^\circ, 150^\circ \rangle$  a  $\theta_3$  môže nadobúdať hodnoty z  $\langle -130^\circ, 130^\circ \rangle$  (záporný uhol je uhol v smere hodinových ručičiek).

Robot je umiestnený v 2D súradnicovom systéme, pre os  $x$  je vodorovnou, os  $y$  je zvislou a počiatok je umiestnený na mieste styku robota s podložkou. Vyjadrovanie polohy koncového efektora v tomto súradnom systéme na základe uhlov natočenia jednotlivých kĺbov je náplňou priamej kinematickej úlohy. Pre polohu efektora sa dajú odvodiť vzťahy

$$x = l_3[\cos(\theta_1)\cos(\theta_2)\cos(\theta_3) - \sin(\theta_1)\sin(\theta_2)\cos(\theta_3) - \cos(\theta_1)\sin(\theta_2)\sin(\theta_3) - \sin(\theta_1)\cos(\theta_2)\sin(\theta_3)] + l_2[\cos(\theta_1)\cos(\theta_2) - \sin(\theta_1)\sin(\theta_2)] + l_1\cos(\theta_1)$$

$$y = l_3[\sin(\theta_1)\cos(\theta_2)\cos(\theta_3) + \cos(\theta_1)\sin(\theta_2)\cos(\theta_3) - \sin(\theta_1)\sin(\theta_2)\sin(\theta_3) + \cos(\theta_1)\cos(\theta_2)\sin(\theta_3)] + l_2[\sin(\theta_1)\cos(\theta_2) + \cos(\theta_1)\sin(\theta_2)] + l_1\sin(\theta_1) + l_0$$

ktoré reprezentujú priamy kinematický model použitého robota.

Opačnou úlohou je inverzná kinematická úloha, pri ktorej je potrebné na základe požadovanej polohy koncového efektora určiť uhly natočenia jednotlivých kĺbov tak, aby pri ich natočení dosiahol efektor požadovanú polohu buď presne alebo s nejakou chybou menšou ako zadaný prah. Jedná sa zvyčajne o problematickejšiu úlohu, pretože často explicitné vyjadrenie inverzného kinematického modelu robota nie je k dispozícii.

## Úloha

Zistite, ako musia byť natočené jednotlivé kĺby, aby koncový efektor ramena bol v týchto polohách:

- |   |  |   |
|---|--|---|
| a) $x = 0\text{cm}$ , $y = 160\text{cm}$  | b) $x = -50\text{cm}$ , $y = 50\text{cm}$  | c) $x = 100\text{cm}$ , $y = 60\text{cm}$ |
| d) $x = 120\text{cm}$ , $y = 40\text{cm}$ | e) $x = 30\text{ cm}$ , $y = 130\text{cm}$ | f) $x = -40\text{cm}$ , $y = 60\text{cm}$ |
| g) $x = 35\text{cm}$ , $y = 106\text{cm}$ | h) $x = 76\text{cm}$ , $y = 95\text{cm}$   | i) $x = 26\text{cm}$ , $y = 115\text{cm}$ |

Existuje niekoľko spôsobov riešenia, medzi nimi tieto dva:

- prehľadávanie priestoru možných hodnôt natočení kĺbov s cieľom nájsť takú kombináciu hodnôt natočení, ktorá čo najpresnejšie umiestni koncový efektor v priestore.
- vytvorenie aproximácie inverzného kinematického modelu (vo forme doprednej neurónovej siete) a využitie tohto modelu pre nájdenie vhodných natočení.

Vašou úlohou je vyriešiť problém obidvomi prístupmi, pričom v oboch využijete evolučný algoritmus ako nástroj pre numerickú optimalizáciu. Metódy pre realizáciu jednotlivých blokov evolučného algoritmu voľte podľa svojho uváženia.