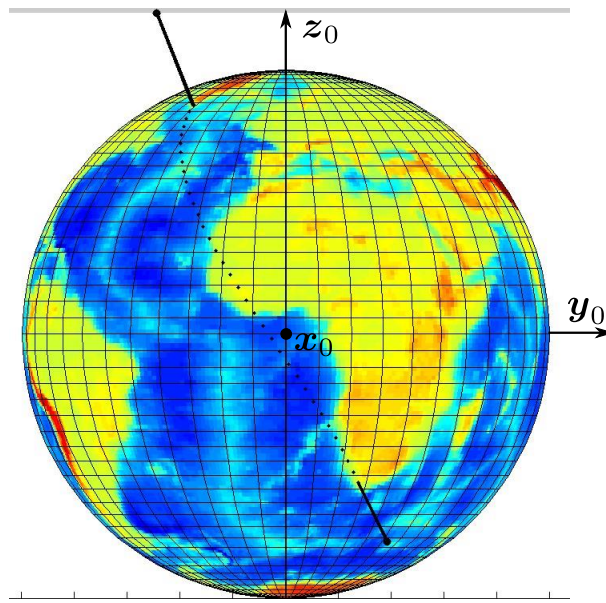


Semestrální práce z předmětu URM (zadání), 2018/2019:

1. Vyznačte na globusu cestu z Singapuru do New Yorku, např. viz Obrázek 1. V počáteční a cílové destinaci bude „zapíchnutý špendlík“ směřující do středu zeměkoule. Zeměpisné souřadnice destinací jsou následující:

- **Singapur (SIN):** délka: 103.986306° , šířka: 1.351652°
- **New York (EWR):** délka: -74.168944° , šířka: 40.690093°



Obrázek 1: Glóbus a vyznačená trajektorie s s.s. F_0

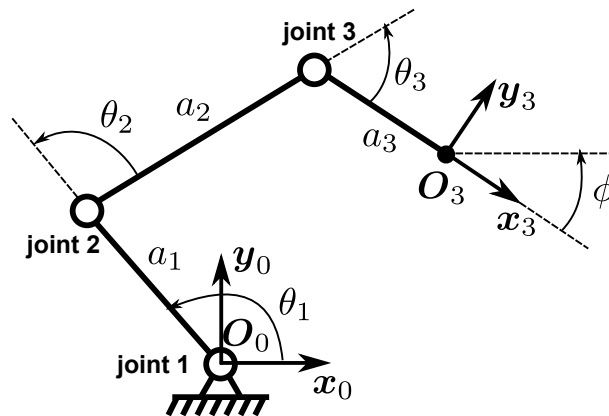
K výpočtu souřadnic bodů a vektorů využijte skládání homogenních transformačních matic. Pro vykreslení Zeměkoule v poloze, kde s.s. F_0 je zaveden s osou x_0 procházející nultým poledníkem a osou z_0 procházející póly, použijte následující kód v Matlabu:

```
% vykreslení globu
[x,y,z] = sphere(50);
x = -x;
y = -y;
load topo
props.FaceColor= 'texture';
props.Cdata = topo;
surface(x,y,z,props);
xlabel('x_0')
ylabel('y_0')
zlabel('z_0')
axis equal
```

2. Sestavte geometrický popis 3 DoF planárního manipulátoru, viz Obrázek 2, délky ramen budou voleny:

a_1	a_2	a_3
2	1.5	0.5

- (a) Vyřešte DGM pomocí D-H úmluvy s využitím homogenních transformačních matic.
 (b) Vyřešte IGM manipulátoru, diskutujte a znázorněte případná vícenásobná řešení úlohy.
 (c) Vytvořte simulační model v prostředí Matlab/Simulink/SimMechanics (k parametrům jednotlivých bloků můžete přímo využít prvky hom. trans. matic pro kloubové souřadnice v domovské poloze manipulátoru).



Obrázek 2: 3 DoF planární manipulátor

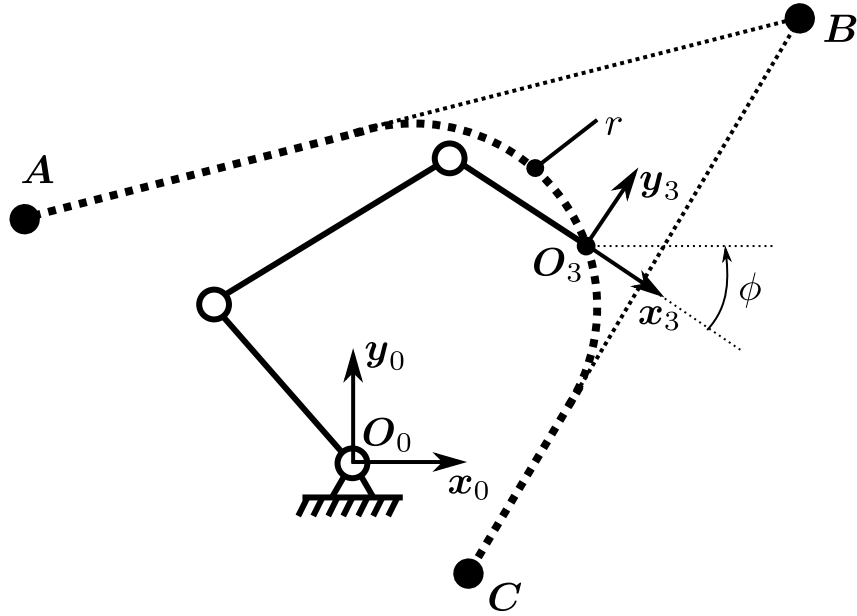
3. Sestavte kinematický popis manipulátoru - tzn. řešení POKÚ a IOKÚ okamžité kinematické úlohy (pro rychlosti i zrychlení)
- (a) Vypočtěte symbolicky analytický (= kinematický) jakobián a jeho derivaci přímou derivací polohových závislostí a sestavte algoritmus pro výpočet POKÚ
 (b) Sestavte algoritmus pro výpočet IOKÚ (diskutujte problémy při řešení IOKÚ)
4. Vyřešte generátor trajektorie manipulátoru dle uvedeného schématu, viz Obrázek 3:
- Trajektorie se skládá z přímkových a kružnicových dráh, která určuje translační složku pohybu konc. efektoru (souřadnice $x_3, y_3, z_3 = 0$ bodu O_3), složka orientace (souřadnice ϕ) bude volena konstantní.
 - Trajektorie je určena 3 body $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$ a poloměrem kružnice r . Napojení přímkových úseků obloukem o poloměru r umožňuje hladké projetí celé trajektorie (spojitost 1. derivace dle parametru trajektorie).
 - Pohyb koncového efektoru po trajektorii bude s konstantní rychlostí v_{max}
 - Blok generátoru trajektorie bude poskytovat časové závislosti polohy, rychlosti a zrychlení konc. efektoru (zobecněné souřadnice).

Parametry generátoru trajektorie:

$$\mathbf{A} = [2, 0.5]^T, \mathbf{B} = [0, 1]^T, \mathbf{C} = [2, 2.5]^T, r = 0.3, v_{max} = 1$$

- (a) Vykreslete časové průběhy zobecněných souřadnic generované generátorem trajektorie (x a y) a jejich příslušné časové derivace

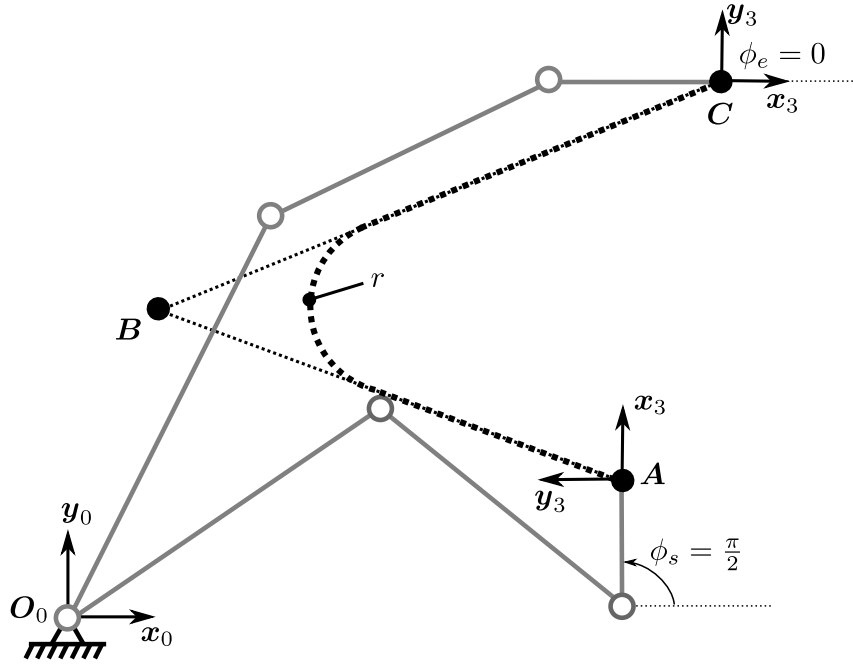
- (b) Vykreslete příslušné kloubové souřadnice a jejich derivace. Translační souřadnice x a y využijte z generátoru trajektorie, souřadnici ϕ volte konstantní $\phi = 0$.
- (c) Konstantní absolutní hodnotu v_{max} translační rychlosti koncového efektoru ověřte přímým odměřováním rychlosti tělesa (body) koncového efektoru v SimMechanicsu (pomocí bloku *Body Sensor*).
- (d) Ověřte funkci DGM a POKÚ (zpětný přepočít generovaných kloubových souřadnic, jejich rychlostí a zrychlení).



Obrázek 3: Generovaná trajektorie

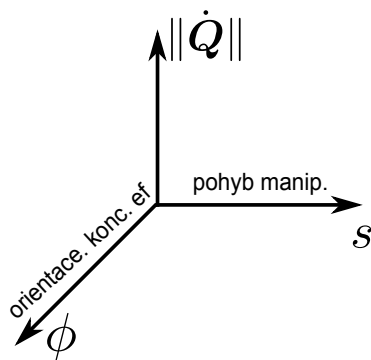
5. Vyšetřete singulární polohy manipulátoru:

- (a) Vypočtete podmínku pro kloubové souřadnice manipulátoru pro robot nacházející se v singulární poloze a diskutujte geometrické uspořádání robotu v této poloze.
 - (b) Znázorněte singulární polohu manipulátoru v prac. prostoru - rovině xy parametrizované zobecněnou souřadnicí ϕ .
6. Nyní předpokládejte, že konc. efektor manipulátoru reprezentuje pracovní nástroj (např. šroubovák), který na počátku a na konci pohybu má utáhnout šroub, tedy orientace konc. efektoru je jednoznačně určena počátečním úhlem $\phi_s = \frac{\pi}{2}$ (na začátku trajektorie pohybu) a koncovým úhlem $\phi_e = 0$ (na konci trajektorie pohybu), viz Obrázek 4.

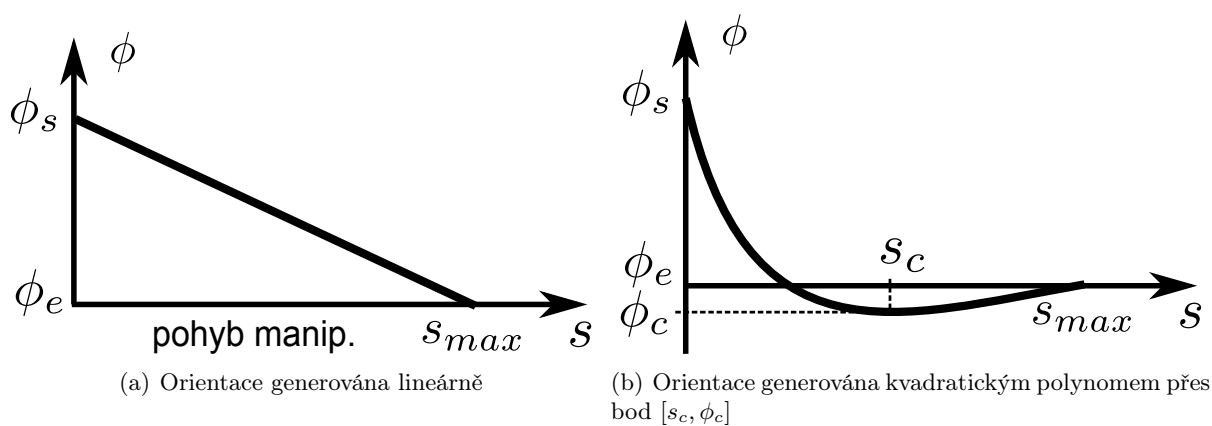


Obrázek 4: Požadovaná trajektorie manipulátoru včetně počáteční a koncové orientace konc. efektoru

- Graficky znázorněte chování normy vektoru rychlostí kl. souřadnic, tzn. $\|\dot{Q}\|$, podél trajektorie $s \in \langle 0, s_{max} \rangle$ pro hodnoty orientace konc. efektoru v intervalu $\phi \in \langle -0.5, \frac{\pi}{2} \rangle$, viz Obrázek 5.
- Upravte generátor trajektorie tak, aby se na místo konstantní orientace konc. efektoru jeho orientace měnila lineárně podél trajektorie z hodnoty ϕ_s do hodnoty ϕ_e , tzn. generovaný průběh zobecněné souřadnice ϕ je dán Obrázkem 6(a). Znázorněte tento průběh do grafu na Obrázku 5 a znázorněte graficky časové průběhy zobecněných a kloubových souřadnic.
- Diskutujte závislosti singulární polohy manipulátoru se získanými výsledky (časové průběhy kl. souřadnice) a problémy, které v tomto důsledku mohou nastat při řízení reálného systému.
- Vzhledem k faktu, že nás zajímá pouze počáteční ϕ_s a koncová orientace ϕ_e konc. efektoru, navrhňte kvadratickou interpolaci, zobec. souřadnice ϕ tak, abyste zajistili plynulý pohyb manipulátoru (vyvarování se projetí v blízkosti sing. polohy), tzn. generovaný průběh zobecněné souřadnice ϕ je dán Obrázkem 6(b), kde $[s_c, \phi_c]$ je vhodně zvolený interpolační bod. Opět znázorněte interpolovanou křivku do grafu, viz Obrázek 5 a znázorněte graficky časové průběhy zobecněných a kloubových souřadnic. Porovnejte výsledky pro lineární a kvadratickou interpolaci úhlu ϕ , včetně absolutních hodnot rychlostí a zrychleních kl. souřadnic.



Obrázek 5: Grafické znázornění rychlostí kl. souřadnic podél trajektorie pro různé hodnoty orientace konc. ef.



Obrázek 6: Dvě možnosti generování orientace konc. ef