Laborator 4: Traiectoriile din spatiul articular

Obiective:

Deprinderea formalismului necesar calculului traiectoriilor din spatiu articular. Laboratorul cuprinde trei probleme a caror solutii sunt punctate

Elemente teoretice:

A impune o anumita sarcina unui robot inseamna, in general, a preciza o traiectorie de parcurs, iar aceasta traiectorie se reduce la a definii o colectie de puncte. Prin puncte aici intelegem coordonate carteziene sau valori ale pozitiilor unghiulare. Uneori traiectoria este definita prin doua puncte – cel de start si cel de tinta – alteori la aceste puncte se adauga si altele in vecinatatea carora trebuie definita traiectoria (puncte intermediare). In plus la aceasta colectie de puncte se adauga si dutata de timp in care este necesara realizarea acestei traiectorii.

Se vor utiliza prezenta polinoamele de interpolare; utilizarea functiilor liniare racordate prin parabole pentru doua puncte si utilizarea functiilor liniare racordate prin parabole pentru mai multe puncte intermediare

Polinoamele de interpolare:

$$q_i(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3$$

$$a_0 = q_{i1}; \qquad a_1 = 0,$$
$$a_2 = \frac{3}{T^2}(q_{i2} - q_{i1}); \qquad a_3 = -\frac{2}{T^3}(q_{i2} - q_{i1}).$$

Bang-Bang

$$q(t) = \begin{cases} q_0 + \dfrac{\ddot{q}}{2}t^2, & pentru \quad t \in [0, T_P] \\ \left(q_0 - \dfrac{\ddot{q}}{2}T_P^2\right) + (\ddot{q}T_P)t & pentru \quad t \in (T_P, T - T_P) \\ \left(q_0 + \ddot{q}\left(T_P(T - T_P) - \dfrac{T^2}{2}\right)\right) + (\ddot{q}T)t - \dfrac{\ddot{q}}{2}t^2 & pentru \quad t \in [T - T_P, T] \end{cases}$$

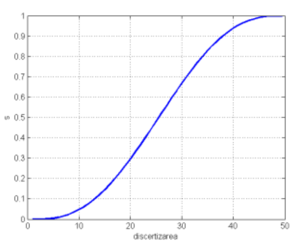
Exemplu de program 1.

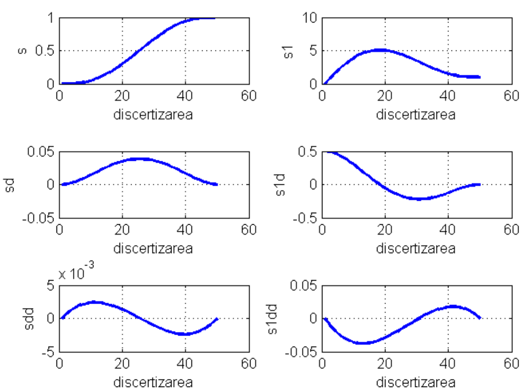
Pentru a vizualiza acest proces se utilizeaza (PC.T)

Se definesc mai multe tipuri de traiectorii cu date initiale si/sau finale nule sau nenule

Se vizualizeaza aceste traiectorii

```
Atunci cand datele de intrare sunt pozitia initiala si cea finala.
 O alta data de intrare este numarul de puncte in care aceasta traiectorie
 trebuie calculata: discretizarea

 Ca date implicite se utilizeaza viteza si acceleratia initiala respectiv
 finala nule. Mai precis se porneste si se termina in repaus.

 Pornind de la aceste date rezultatul va fi un vector al pozitiilor
 succesive. Traiectoria inseamna insa asocierea acestor date succesive cu
 intrevale de timp. Vectorul dr timp poate fi insa asociat cunoscand
 diecretizarea impusa

 de exemplu pornind de la 0 pana la 1 cu o discretizare de 50 de elemente
 se obtine:

s=tpoly(0,1,50);

figure; plot(s,'lineWidth',3); grid; xlabel('discertizarea'); ylabel('s')

 sau daca acest rezultat se doreste a fi generalizat atunci:

[s,sd,sdd]=tpoly(0,1,50);


 In cazul in care viteza initiala si cea finala sunt diferite de zero se
 pot adauga ca valori de intare:

[s1,s1d,s1dd]=tpoly(0,1,50,0.5,0);
figure
subplot(3,3,1);plot(s,'lineWidth',3);grid; xlabel('discertizarea'); ylabel('s')
subplot(3,3,3);plot(sd,'linewidth',3);grid;  xlabel('discertizarea'); ylabel('sd')
subplot(3,3,5);plot(sdd,'lineWidth',3);grid; xlabel('discertizarea'); ylabel('sdd')
subplot(3,3,3);plot(s1,'lineWidth',3);grid; xlabel('discertizarea'); ylabel('s1')
subplot(3,3,4);plot(s1d,'lineWidth',3);grid; xlabel('discertizarea'); ylabel('s1d')
subplot(3,3,6);plot(s1dd,'lineWidth',3);grid; xlabel('discertizarea'); ylabel('s1dd')
```





Problema propusa 1.

1. Sa se identifice functiile utilizate din pachetul [PC.T] si sa se mentioneze functionalitatea acestora
2. Utilizand metoda de interpolare polinomiala
    a. Se cere determinarea traiectoriilor articulare (pozitie, viteza acceleratie) si asocierea acestora cu vectorul timp [timp;q]; pentru q0=0; qf=pi/2; t0=10; tf=20; delta_t=0.01 (discretizare timp)
    b. Se cere salvarea acestor matrice sub forma unor fisiere .mat

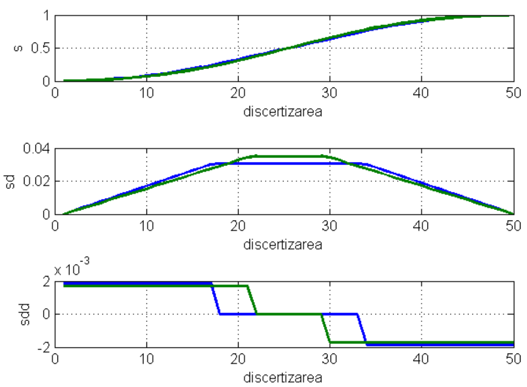
Exemplu de program 2.

Pentru a vizualiza acest proces se utilizeaza (PC.T)

Se definesc mai multe tipuri de traiectorii cu viteze maxime impuse sau nu.

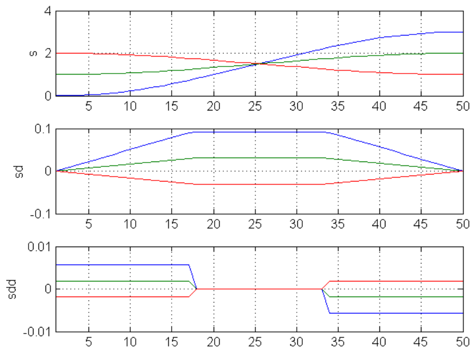
Se vizualizeaza aceste traiectorii

```
Este o metoda care a fost derivata din ratiuni practice. Mai precis
 motoarele de actionare (CC) au o anumita viteza maxima impusa. Se doreste
 ca aceasta viteza maxima sa nu fie depasita dar, in acealasi timp se
 doreste ca ea sa fie utilizata o perioada cat mai mare de timp.
 Denumirea de Bang Bang este datorata faptului ca acceleratia calculata
 este discontinua in timp. In fapt acceleratia devine o functie de tip
 treapta

 Functia are urmatoarele date de intrare: pozitia initiala; pozitia finala
 si numarul de puncte in care este discretizata traiectoria.

[s,sd,sdd]=lspb(0,1,50);

 Functia poate fi utilizata si intr-o mainera mai complexa atunci cand
 unul din argumente reprezinta viteza maxima

[s1,s1d,s1dd]=lspb(0,1,50,0.035);
d=1:50;
figure;
subplot(3,1,1);plot(d,s,d,s1,'lineWidth',3);grid; xlabel('discertizarea'); ylabel('s')
subplot(3,1,3);plot(d,sd,d,s1d,'lineWidth',3);grid;  xlabel('discertizarea'); ylabel('sd')
subplot(3,1,3);plot(d,sdd,d,s1dd,'lineWidth',3);grid; xlabel('discertizarea'); ylabel('sdd')
```



Cazul multidimensional

```
 Atunci cand se doreste calculul traiectoriei pentru cazul unui sistem cu
 mai multe grade de libertate apare problema sincronizarii. A sincroniza
 inseamna aici a impune inceputul respectiv sfarsitul traiectoriilor pentru
 acelasi moment.

 Functia are urmatoarele date initiale: metoda de interpolare; punctul de
 inceput si punctul de sfarsit.

figure
mtraj(@lspb,[0,1,3],[3,3,1],50)
```



Problema propusa 2.

1. Sa se identifice functiile utilizate din pachetul [PC.T] si sa se mentioneze functionalitatea acestora
2. Utilizand metoda de interpolare bang-bang
   a. Se cere determinarea traiectoriilor articulare (pozitie, viteza acceleratie) si asocierea acestora cu vectorul timp [timp;q]; pentru q0=0; qf=pi/2; t0=10; tf=20; delta_t=0.01 (discretizare timp)
   b. Se cere salvarea acestor matrice sub forma unor fisiere .mat

Exemplu de program 3.

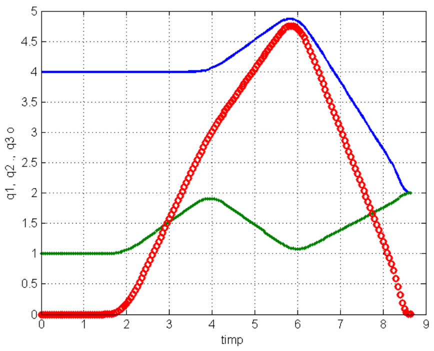
Pentru a vizualiza acest proces se utilizeaza (PC.T)

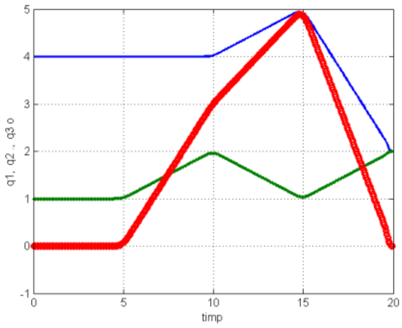
*Se definesc traiectorii cu **puncte intermediare** si cu viteze maxime impuse sau nu.*

Se vizualizeaza aceste traiectorii

```
Atunci cand traietoriile necesita trecerea in vecinatatea unor puncte
 intermediare se utilizeaza solutia bang-bang. Noutatea este data de
 faptul ca in acest caz zonele rectangulare din vecinatatea punctelor
 intermediare trebuie racordata cu o parabola a carei curbura este data de
 diferenta vitezelor cu care se parcurg aceste zone.
 La calculul curburii este necesara precizarea timpului de trecere de la o
 zona rectangulara la alta: tacc.

 Functia are urmatoarele argumente: punctele de trecere (via); viteza
 maxima pe fiecare axa; durata fiecarui segment (este legata de viteza
 maxima pe axa deci sau una sau alta); punctele initiale; discretizarea;
 timpul de accelerare
```

```
via=[4,1,0;4,3,3;5,1,5;3,3,0];
q=mstraj(via,[3,1,3],[],[4,1,0],0.05,1);
d=0:0.05:0.05*(length(q(:,1))-1);
figure
plot(d,q(:,1),d,q(:,3),'.',d,q(:,3),'o','lineWidth',3);
grid; xlabel('timp'); ylabel('q1,  q3 .,  q3 o')

 Atunci cand impunem un interval de timp:

q=mstraj(via,[],[5,5,5,5],[4,1,0],0.05,1);
d=0:0.05:0.05*(length(q(:,1))-1);
figure
plot(d,q(:,1),d,q(:,3),'.',d,q(:,3),'o','lineWidth',3);
grid; xlabel('timp'); ylabel('q1,  q3 .,  q3 o')
```





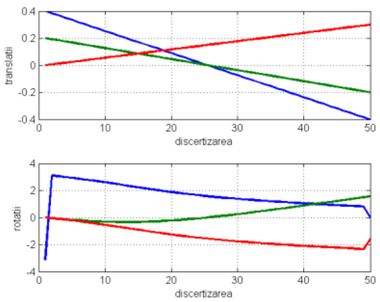
Exemplu de program 4.

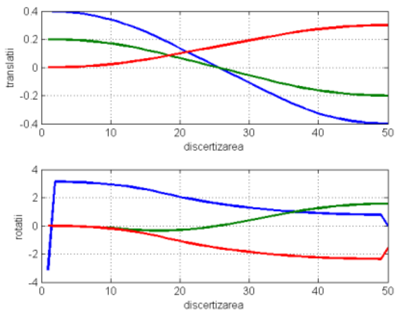
Pentru a vizualiza acest proces se utilizeaza (PC.T)

*Se definesc **traiectorii de tip cartezian** si se extrag pozitiile, orientarile care apar in decursul acestor traiectorii.*

```
 Miscarea carteziana se refera la ansamblul de pozitionare orientare
 vazute ca un intreg. Functia are ca argument de intrare reperul initial
 iar ca marime de iesire reperul final. Variabila de interpolare s este
 normalizata de la 0-1;

T0=transl(0.4,0.3,0)*trotx(pi);
T1=transl(-0.4,-0.3,0.3)*troty(pi/3)*trotz(-pi/3);

 in punctul s=0.5 avem:

trinterp(T0,T1,0.5)

 o traiectorie in 50 de puncte se obtine astfel:

Ts=trinterp(T0,T1,[0:49]/49);

 ceea ce poate fi animat astfel
figure
tranimate(Ts)

 Extragerea translatiilor si a rotatiilor (pozitionare respectiv
```

```
 orientare) se face cu ajutorul functiilor:

P=transl(Ts);
rpy=tr3rpy(Ts);
figure;
subplot(3,1,1);plot(P,'lineWidth',3);grid;xlabel('discertizarea'); ylabel('translatii')
subplot(3,1,3);plot(rpy,'lineWidth',3);grid;xlabel('discertizarea'); ylabel('rotatii')

 Se poate observa caracterul liniar al interpolarii pozitiilor ceea ce
 inseamna ca viteza si acceleratia sunt discontinue. Motivul este dat de
 variabila de interpolare s care trece in salturi de la o valoare al alta
 Solutia acestei probleme este utilizarea functiei:

Ts=ctraj(T0,T1,50);

P=transl(Ts);
rpy=tr3rpy(Ts);
figure;
subplot(3,1,1);plot(P,'lineWidth',3);grid;xlabel('discertizarea'); ylabel('translatii')
subplot(3,1,3);plot(rpy,'lineWidth',3);grid;xlabel('discertizarea'); ylabel('rotatii')

 O privire atenta asupra orientarii dezvaluie faptul ca ea este discontinua
 Motivul discontinuitatii este dat de singularitatea pozitiilor impuse
 (singularitatea unghiurilor lui Euler)
```





Problema propusa 3.

1. Sa se identifice functiile utilizate din pachetul [PC.T] din exemplele anterioare si sa se mentioneze functionalitatea acestora
2. Pentru un manipulator plan cu trei grade de mobilitate RRR se precizeaza urmatorul task: Prehensorul (unealta) se deplaseaza pe o traiectorie circulara r=1 si isi mentine orientarea fata de sistemul din baza. Se cere modelarea acestui fenomen cu ajutorul traiectoriei de tip cartezian