深蓝学院
shenlanxueyuan.com

第八章作业思路分享

主讲人 夏韵凯

纲要

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

- 第一题：线性MPC
- 第二题：PSO粒子群优化

第一题

深蓝学院 shenlanxueyuan.com

●MPC框架

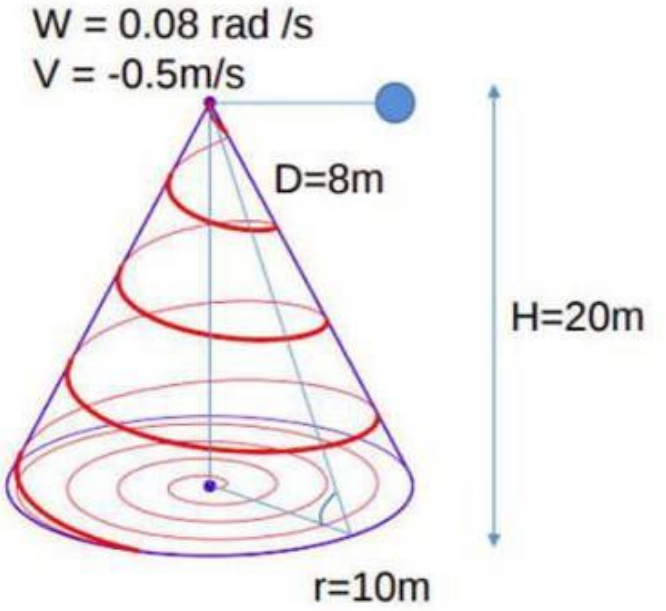
1. 建立预测模型
2. 建立问题模型
3. 求解最优问题
4. 最优控制序列向前驱动

```
for t=0.2:0.2:10
    %% Construct the prediction matrix
    [Tp, Tv, Ta, Bp, Bv, Ba] = getPredictionMatrix(K,dt,p_0,v_0,a_0);

    %% Construct the optimization problem
    H = w4*eye(K)+w1*(Tp'*Tp)+w2*(Tv'*Tv)+w3*(Ta'*Ta);
    F = w1*Bp'*Tp+w2*Bv'*Tv+w3*Ba'*Ta;

    %% Solve the optimization problem
    J = quadprog(H,F,[],[]);

    %% Apply the control
    j = J(1);
    p_0 = p_0 + v_0*dt + 0.5*a_0*dt^2 + 1/6*j*dt^3;
    v_0 = v_0 + a_0*dt + 0.5*j*dt^2;
    a_0 = a_0 + j*dt;

    %% Log the states
    log = [log; t p_0 v_0 a_0];
end
```

第一题

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

- 螺旋线模型



$$-6 \le v_{x,y} \le 6 \qquad -1 \le v_z \le 6$$

$$-3 \le a_{x,y} \le 3 \qquad -1 \le a_z \le 3$$

$$-3 \le j_{x,y} \le 3 \qquad -2 \le j_z \le 2$$

第一题

- 计算MPC时依赖于当前状态后4s的目标状态，因此每一次计算MPC前都需要计算目标状态

1. 计算跟踪目标即螺旋线的p, v, a
2. X, Y方向为圆周运动
3. Z方向为直线运动

```
%% Construct the reference signal
for i = 1:20
    tref = t + i*0.2;
    r=0.25*tref;
    pt(i,1) = r*sin(0.2*tref);
    vt(i,1) = r*cos(0.2*tref);
    at(i,1) = -r*sin(0.2*tref);

    pt(i,2) = r*cos(0.2*tref);
    vt(i,2) = -r*sin(0.2*tref);
    at(i,2) = -r*cos(0.2*tref);

    pt(i,3) = 20 - 0.5*tref;
    vt(i,3) = -0.5;
    at(i,3) = 0;
end
```

第一题

- 作业中，跟踪的目标状态会随着时间变化，因此cost function与课程中不同，并不是 $\min_J w_1 P^\top P + w_2 V^\top V + w_3 A^\top A + w_4 J^\top J$ 需要把P改写成(P-P_{target})， V改写成(V-V_{target})等，代码中有具体体现

```
%% Construct the optimization problem

H = w4*eye(K)+w1*(Tp'*Tp)+w2*(Tv'*Tv)+w3*(Ta'*Ta);
F = w1*(Bp-pt)'*Tp+w2*(Bv-vt)'*Tv+w3*(Ba-at)'*Ta;

A = [Tv;-Tv;Ta;-Ta];
b = [6*ones(20,1)-Bv;6*ones(20,1)+Bv;3*ones(20,1)-Ba;3*ones(20,1)+Ba];
```

第一题

- 在作业的框架下，需要填写的部分只有下面三行，分别是x,y,z三个方向的MPC

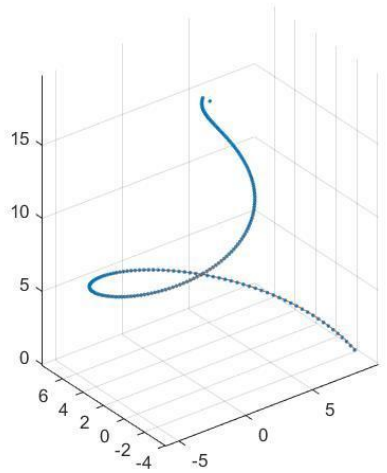
```
%% Please follow the example in linear mpc part to fill in the code here to do the tracking

j(1) = xy_axis_mpc(K,dt,p_0(1),v_0(1),a_0(1),pt(:, 1),vt(:, 1),at(:, 1));
j(2) = xy_axis_mpc(K,dt,p_0(2),v_0(2),a_0(2),pt(:, 2),vt(:, 2),at(:, 2));
j(3) = z_axis_mpc(K,dt,p_0(3),v_0(3),a_0(3),pt(:, 3),vt(:, 3),at(:, 3));
```

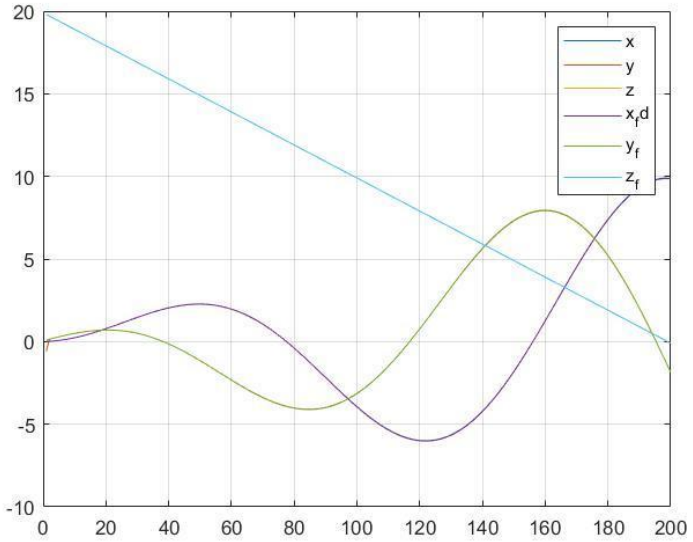
- 它们的本质就是使用quadprog求解出未来四秒内的J,并取第一项作为当前的输入

第一题

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

- 结果：每个0.2s的参数信号进行了20次采样





第二题

深蓝学院 shenlanxueyuan.com

- 首先要理解代码中粒子的结构:

p[i, 1]	p[i, 2]	p[i, 3]	p[i, 4]	p[i, 5]	p[i, 6]	p[i, 7]
theta	v_end	v_theta	v_vend	best_theta	best_v	best_cost
粒子的状态		粒子的速度		粒子的历史最优状态		全局最优值

其中:

P[i,1:2] 为粒子的状态

P[i,3:4] 为粒子的速度

P[i,5:6] 为粒子的历史最优状态

第二题

- 因此我们可以参照伪代码去更新粒子的状态和速度

for each $\theta_i \in \Theta$ do

$$\delta_i = \delta_i + k_1 \cdot \text{rand} \cdot (\theta_i^* - \theta_i) + k_2 \cdot \text{rand} \cdot (\theta^* - \theta_i)$$

$$\theta_i = \theta_i + \delta_i$$

```
% 更新每个粒子的位置（根据三个速度方向更新的点）
% 速度的大小权重，原来的速度，与局部最优解，与目标
P(i,3) = P(i,3) + k1 *(rand*(P(i,5)-P(i,1)) + k2*rand*(global_best(1)-P(i,1)));
P(i,4) = P(i,4) + k1 *(rand*(P(i,6)-P(i,2)) + k2 *rand*(global_best(2)-P(i,2)));
%
P(i,1) = P(i,1) + P(i,3);
P(i,2) = P(i,2) + P(i,4);
```

第二题

深蓝学院 shenlanxueyuan.com

- 其中:新的速度=上一次的速度 + rand*历史最优速度 +rand*全局最优速度

```
P(i,3) = P(i,3) + k1 *(rand*(P(i,5)-P(i,1)) + k2*rand*(global_best(1)-P(i,1)));
P(i,4) = P(i,4) + k1 *(rand*(P(i,6)-P(i,2)) + k2 *rand*(global_best(2)-P(i,2)));
%
P(i,1) = P(i,1) + P(i,3);
P(i,2) = P(i,2) + P(i,4);
P(i,1:2) = limitRange(P(i, 1:2));
```

- 同时注意题目需要限制粒子速度，因此需要加入limitRange()函数
- 加入limitRange()后，需要加长仿真时间，将仿真次数由300改为600或以上

第二题

深蓝学院 shenlanxueyuan.com

- 最终收敛的位置在cost最小的位置附近，而在本代码中记录cost的地方在hMap中

hMap

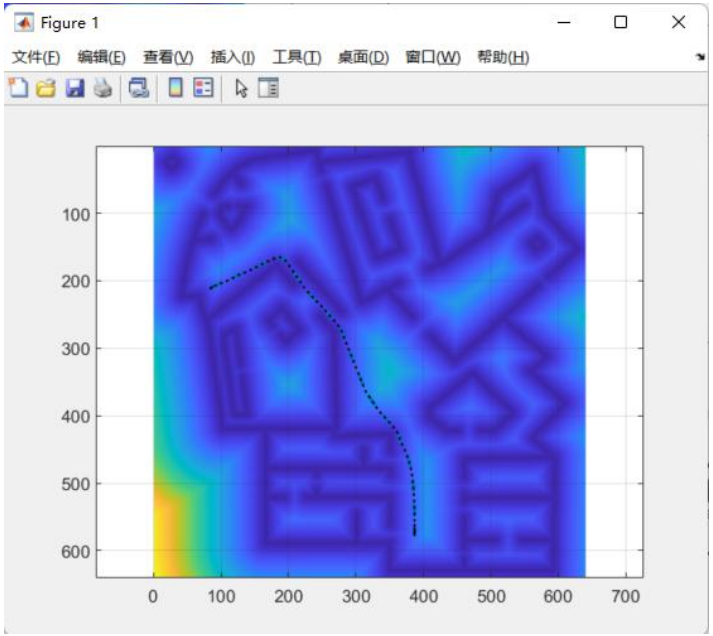
640x640 double

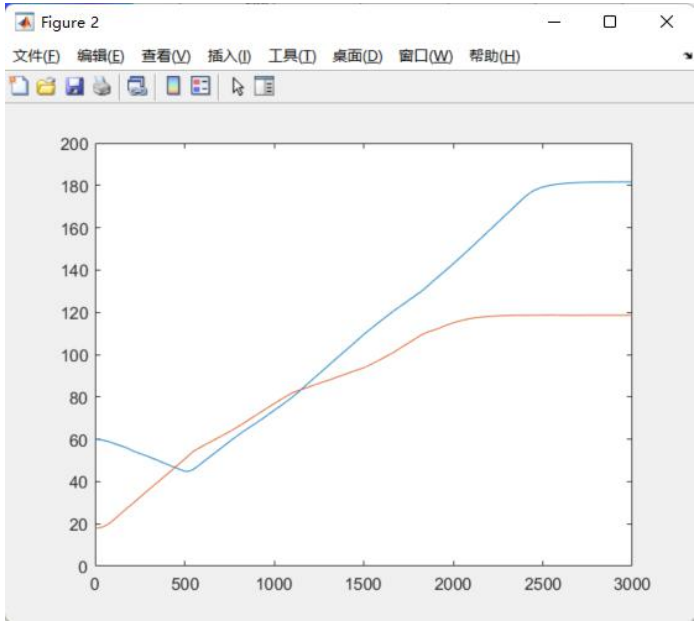
	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392
568	10.0711	9.6569	9.2426	8.8284	8.4142	8	8.4142	8.8284	9.2426	9.6569	10.0711
569	9.0711	8.6569	8.2426	7.8284	7.4142	7	7.4142	7.8284	8.2426	8.6569	9.0711
570	8.0711	7.6569	7.2426	6.8284	6.4142	6	6.4142	6.8284	7.2426	7.6569	8.0711
571	7.0711	6.6569	6.2426	5.8284	5.4142	5	5.4142	5.8284	6.2426	6.6569	7.0711
572	6.6569	5.6569	5.2426	4.8284	4.4142	4	4.4142	4.8284	5.2426	5.6569	6.6569
573	6.2426	5.2426	4.2426	3.8284	3.4142	3	3.4142	3.8284	4.2426	5.2426	6.2426
574	5.8284	4.8284	3.8284	2.8284	2.4142	2	2.4142	2.8284	3.8284	4.8284	5.8284
575	5.4142	4.4142	3.4142	2.4142	1.4142	1	1.4142	2.4142	3.4142	4.4142	5.4142
576	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
577	5.4142	4.4142	3.4142	2.4142	1.4142	1	1.4142	2.4142	3.4142	4.4142	5.4142
578	5.8284	4.8284	3.8284	2.8284	2.4142	2	2.4142	2.8284	3.8284	4.8284	5.8284
579	6.2426	5.2426	4.2426	3.8284	3.4142	3	3.4142	3.8284	4.2426	5.2426	6.2426
580	6.6569	5.6569	5.2426	4.8284	4.4142	4	4.4142	4.8284	5.2426	5.6569	6.6569
581	7.0711	6.6569	6.2426	5.8284	5.4142	5	5.4142	5.8284	6.2426	6.6569	7.0711
582	8.0711	7.6569	7.2426	6.8284	6.4142	6	6.4142	6.8284	7.2426	7.6569	8.0711
583	9.0711	8.6569	8.2426	7.8284	7.4142	7	7.4142	7.8284	8.2426	8.6569	9.0711
584	10.0711	9.6569	9.2426	8.8284	8.4142	8	8.4142	8.8284	9.2426	9.6569	10.0711

第二题

深蓝学院 shenlanxueyuan.com

- 结果：





在线问答

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

Q&A

深蓝学院
shenlanxueyuan.com

感谢各位聆听！

Thanks for Listening