

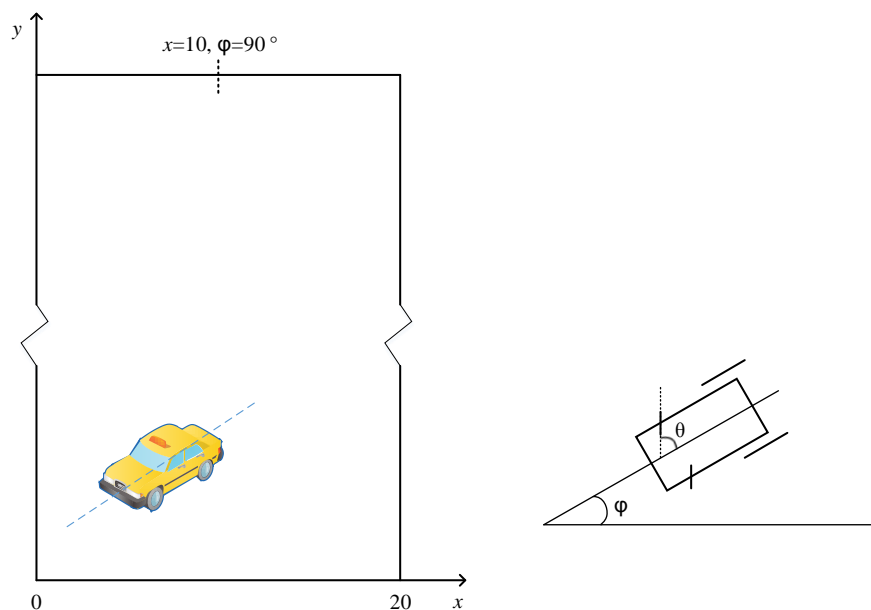
模糊控制大作业

假设有一个有经验的司机且已知卡车的状态以及司机将卡车后倒至车位的控制行为,即获得输入输出数据对集合。那么就可以采用查表法,根据这些输入输出数据对来设计一个模糊系统,并用设计的模糊系统来取代司机。

设计一个模糊控制查表法在倒车控制中的应用,实现将汽车从随机初始状态停到车库。

图 1 为仿真的卡车和装卸区域。卡车的位置由 φ , x , y 确定,其中 φ 是卡车与水平线的夹角, θ 是卡车的控制量即方向盘转动角。

为了简化该问题,假设卡车只允许后倒,卡车每隔一段时间都会向后移动,移动距离是固定的。而且在卡车和装卸车位之间有足够间隙,不必考虑 y 的控制。



要求：

- 1、2-3 人一组, 自行组队
- 2、小组讨论进行问题的数学建模
- 3、自编知识库 (包括数据库和知识库): 数据库自定, 规则库应结合日常经验, 符合现实生活
- 4、隶属度函数、解模糊方法自选
- 5、利用 MATLAB SIMULINK & FUZZY TOOLBOX 仿真模拟出汽车运行路径

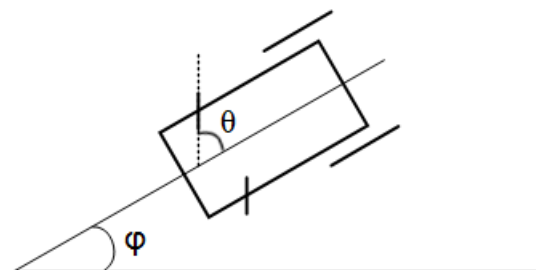
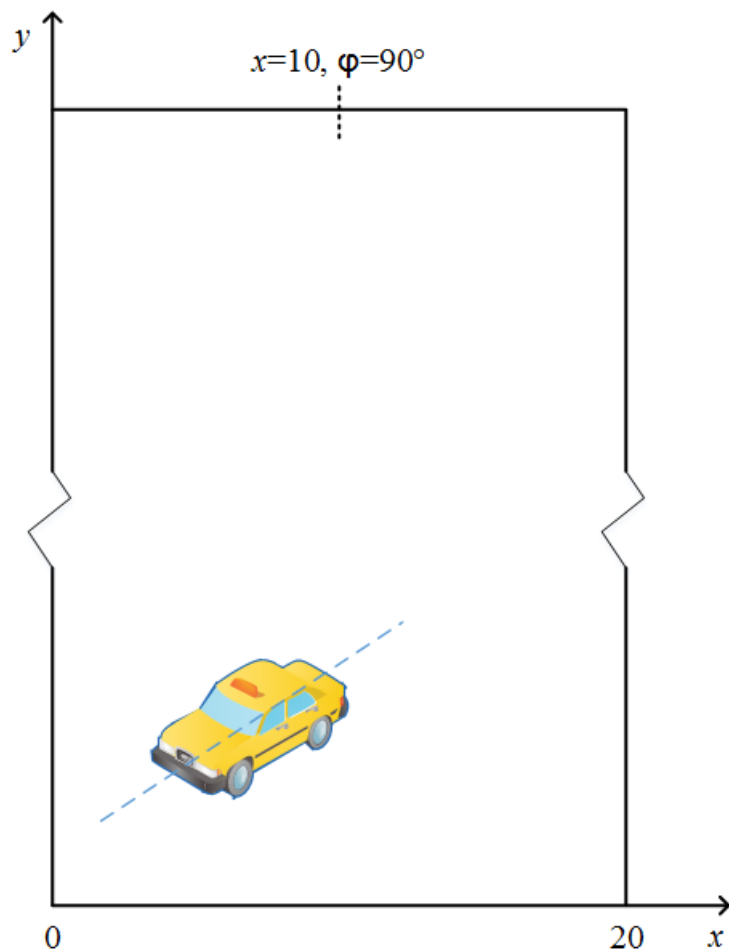
提交：

- 1、在课程网站上单独提交小组完成的模糊控制器 (MDL 文件) .
- 2、每人提交一份报告, 包括问题描述、建模与分析过程、设计过程、仿真结果分析等部分。各人的报告中应注明同组成员, 重点说明本人负责的工作内容.

自动泊车控制中的查表法

将卡车倒至指定装卸车位是一个非线性控制问题。采用传统的控制方法，首先需要建立该系统的数学模型，然后根据非线性理论设计控制器。另一种方法就是设计一个模糊控制器来模仿司机。

假设有一个有经验的司机且已知卡车的状态以及司机将卡车后倒至车位的控制行为，即获得输入输出数据对集合。那么就可以采用查表法，根据这些输入输出数据对来设计一个模糊系统，并用设计的模糊系统来取代司机。



如图所示为仿真的卡车和装卸区域。卡车的位置由 φ, x, y 确定，其中， φ 是卡车（车头向车尾方向射线）与水平线的夹角， θ 是卡车的控制量即方向盘转动角。

为了简化该问题，假设卡车只允许后倒，卡车每隔一段时间都会向后移动，移动距离是固定的。而且在卡车和装卸车位之间有足够的间隙，不用考虑 y 的控制。

设 $x \in [0, 20]$ ， $\varphi \in [-90^\circ, 270^\circ]$ ， $\theta \in [-40^\circ, 40^\circ]$ ；

即 $U = [0, 20] \times [-90^\circ, 270^\circ]$ ， $V = [-40^\circ, 40^\circ]$ 。

要求设计一个输入为 (x, φ) 、输出为 θ 的控制器，使卡车的最终状态为

$$(x_f, \varphi_f) = (10, 90^\circ)$$

首先，产生一组初始的输入输出数据对 (x^p, Φ^p, θ^p) ，再利用试错法产生一系列输入输出数据对。即，当卡车从一个初始状态开始后倒时，在每一时刻根据常识确定控制量 θ （实际上这种常识就是在某种状态下如何控制方向盘角度的经验），经过几次实践后，就可以找到与最平滑最成功的轨迹相对应的输入输出数据对。以下14个初始状态将分别用来产生所需要的输入输出数据对。

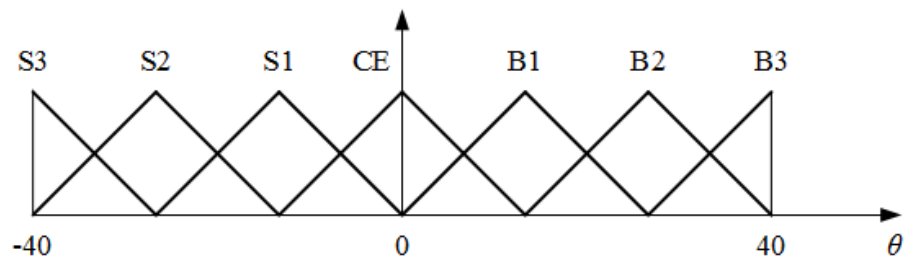
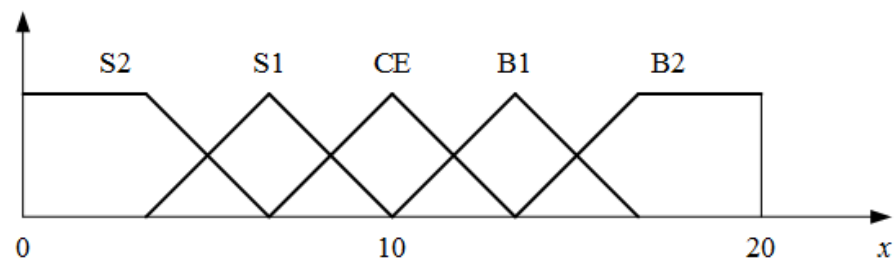
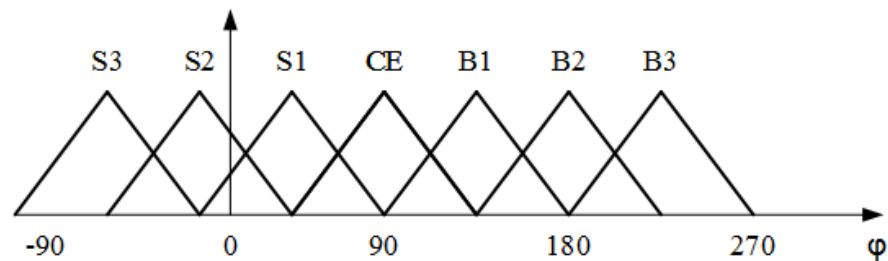
$$\begin{aligned}(x_0, \phi_0^\circ) = & (1, 0), (1, 90), (1, 270), (7, 0), (7, 90), (7, 180), \\ & (7, 270), (13, 0), (13, 90), (13, 180), (13, 270), \\ & (19, 90), (19, 180), (19, 270)\end{aligned}$$

如表给出了
 $(x, \varphi) = (1, 0^\circ)$ 时的输入输出数据对，其他13种初始状态下的输入输出数据对也可以利用类似的办法得到。因此可以根据这些输入输出数据对，利用查表法设计模糊系统。

t	$x(t)$	$\varphi(t)^\circ$	$\theta(t)^\circ$
0	1.00	0.00	-19.00
1	1.95	9.73	-17.95
2	2.88	19.23	-16.90
3	2.79	26.57	-15.85
4	4.65	34.44	-14.80
5	5.45	41.78	-13.75
6	6.18	48.60	-12.70
7	7.48	54.91	-11.65
8	7.99	60.71	-10.60
9	8.72	65.99	-9.55
10	9.01	70.75	-8.50
11	9.28	74.98	-7.45
12	9.46	78.70	-6.40
13	9.59	81.90	-5.34
14	9.72	84.57	-4.30
15	9.81	86.72	-3.25
16	9.88	88.34	-2.20
17	9.91	89.44	0.00

● 步骤1

- 在 $[-90^\circ, 270^\circ]$ 上定义7个模糊集
- 在 $[0, 20]$ 上定义5个模糊集
- 在 $[-40^\circ, 40^\circ]$ 上定义7个模糊集



● 步骤2和步骤3

由每对输入输出数据获得一条规则及强度

x	φ	θ	强度
S2	S2	S2	1.00
S2	S2	S2	0.92
S2	S2	S2	0.35
S2	S2	S2	0.12
S2	S2	S2	0.07
S1	S1	S1	0.08
S1	S1	S1	0.18
S1	S1	S1	0.53
S1	S1	S1	0.56
S1	S1	S1	0.60
CE		S1	0.35

● 步骤2

由每对输入输出数据获得一条规则及强度

x	φ	θ	强度
CE	S1	S1	0.21
CE	S1	CE	0.16
CE	CE	CE	0.32
CE	CE	CE	0.45
CE	CE	CE	0.54
CE	CE	CE	0.88
CE	CE	CE	0.92

● 步骤3

产生最终的模糊规则库，如表

ϕ	S3	S2	S3			
	S2	S2	S3	S3	S3	
	S1	B1	S1	S2	S3	S2
	CE	B2	B2	CE	S2	S2
	B1	B2	B3	B2	B1	S1
	B2		B3	B3	B3	B2
	B3				B3	B2
		S2	S1	CE	B1	B2
χ						

● 步骤4

采用带有乘积推理机、单值模糊器、中心平均解模糊器的模糊系统

将上述模糊系统作为一个倒车控制器应用在卡车上，为了仿真该控制系统，需要一个倒车的数学模型。选用如下的逼近模型

$$x(t+1) = x(t) + \cos[\phi(t) + \theta(t)] + \sin[\theta(t)] \sin\phi(t)$$

$$y(t+1) = y(t) + \sin[\phi(t) + \theta(t)] - \sin[\theta(t)] \cos\phi(t)$$

$$\phi(t+1) = \phi(t) - \sin^{-1} \left[\frac{2 \sin(\theta(t))}{b} \right]$$

b为卡车的长度，仿真中假设b = 4。

● 采用上述步骤1~5设计的模糊系统，从两个初始条件 $(x_0, \varphi_0)=(3, -30^\circ)$ 和 $(x_0, \varphi_0)=(13, 30^\circ)$ 出发的倒车轨迹如下图所示。

