

模糊控制在线实现

2016年2月14日 19:25

引入模糊概念的原因：不是所有事物都可以用明确界限划分

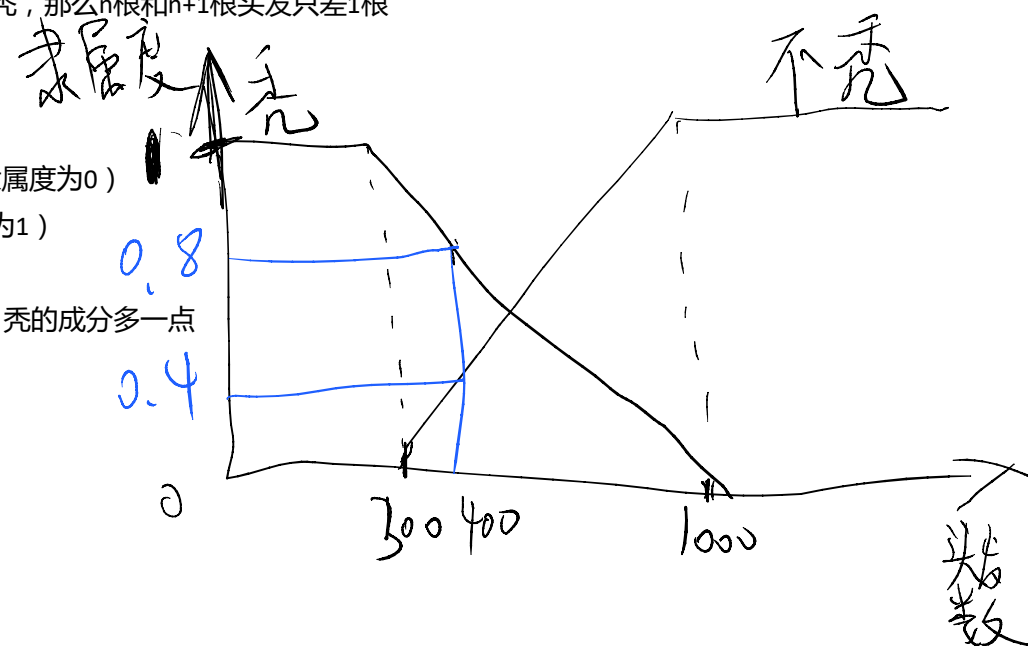
秃头悖论：如何判定秃头？以 n 根头发为界限， n 根以下下为秃头， n 根以上不秃，那么 n 根和 $n+1$ 根头发只差1根头发，以此划分非常不合理，所以引入模糊数学的

建立右图隶属度函数：横轴为头发数，纵轴为隶属度，则可以作如下理解

当头发为300根以下时，为绝对的秃头（秃的隶属度为1，完全不秃，不秃的隶属度为0）

当头发数为1000根以上时，为绝对的不秃头（秃的隶属度为0，不秃的隶属度为1）

介于300~1000之间即为介于秃与不秃之间，对于400根，为0.8秃和0.4不秃，秃的成分多一点



对于智能车系统也有类似的问题(对于模糊PD来讨论),

当车偏差小时，舵机任务主要为抑制震荡，修正偏差不是主要，因此P的输出要小D的输出要大，

当车偏差大时，舵机主要为减小偏差，此时P的输出要大。（是P的输出而不是P，因为 $P \times \text{偏差}$ ）

同理还有偏差变化率的问题，车速的问题。

如何划分大小偏差将会出现类似秃头悖论的问题：无法找到一个绝对的分界线来划分大小偏差，

即如果以偏差-5~+5为小偏差，其余为大偏差，那么5.0001和4.9999将使用不同的PD参数，差值几乎可以忽略，但由于PD不同，输出结果差异将会变大，在该处会出现抖动，传统处理办法就是多分段，尽可能使交接点结果一致，多分段到极致的结果将会是变成查表控制。即分得太细，各段最大最小输出之间的变化不大，虽然参数衔接平滑，导致PD参数已经不需要了，根据输入的范围

分段，尽可能使交接点结果一致，多分段到极致的结果将会是变成查表控制。即分得太细，各段最大最小输出之间的变化不大，虽然参数衔接平滑，导致PD 参数已经不需要了，根据输入的范围即可得到一个已知的输出。

引入模糊概念之后偏差和偏差变化率可以分别用右图两个隶属度三角形表示
(隶属度函数可以根据实际情况建立梯形，三角形，或其他复杂函数)

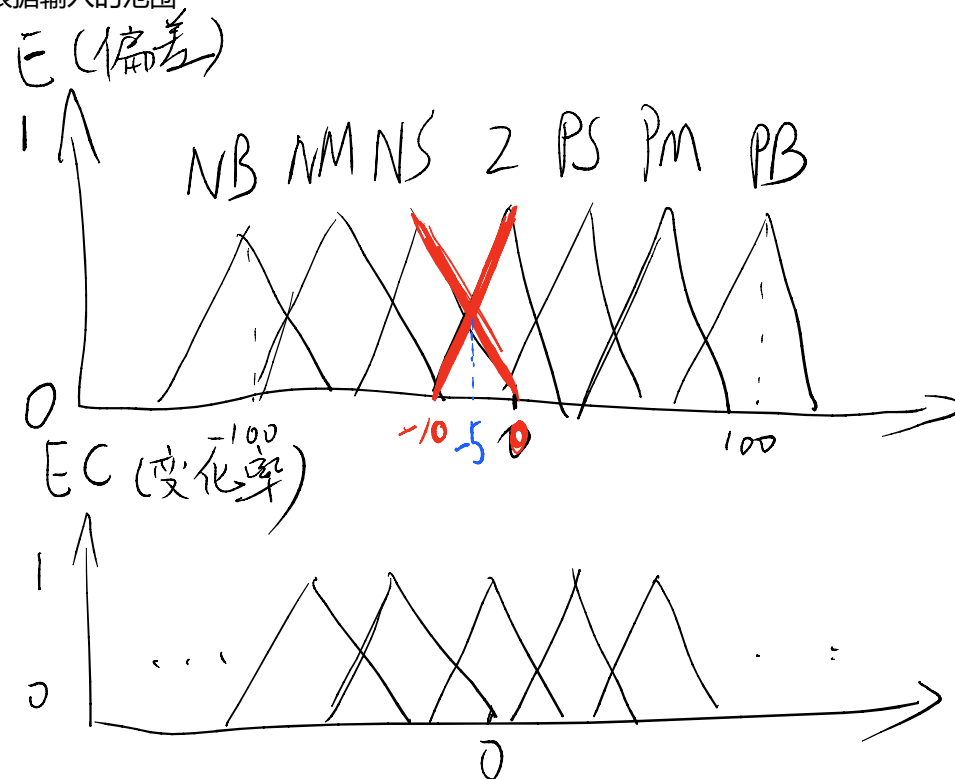
E 为偏差的隶属函数， EC 为变化率的隶属函数

Z 为0偏差， P 为正， N 为负， S 为小， M 为中， B 为大，

对于输入的隶属函数，重点不在其形状，而在于函数线，

我们定义两条红线两个点的横坐标为-10 和0，则可以求得到-5的偏差为0.5的 Z 和0.5的 NS 。

这样，从负大 (NB) 到正大 (PB) 就可以模糊表示了



对于智能车，感觉使用模糊PD有点累赘了，所以直接用模糊控制，将E，和EC 直接映射到舵机的

输出U上，对U也建立和E形状一样，三角参数不同的隶属函数

对于E的隶属函数，有7个三角形，每个三角形3个参数对应两条一次函数线，其参数是由经验粗调，再由调试中细调，由于模糊控制的鲁棒性较强，所以对细调的精度要求不大，对于上述红线的参数-10，换成-9或者-11，最终对输出的影响不会很大。

模糊控制即根据模糊规则，将一个或几个模糊集（E EC），映射到输出集(U).

模糊规则由专家（调试员）设定。如图；蓝圈部分表示当偏差E为NB时且变化率EC为NB时，输出U应该为PS，该表一共指定了35个规则，具体应该先由经验粗调，再由调试细调。

	EC_NB	EC_NS	EC_Z	EC_PS	EC_PB
E_NB	U_PS	U_NM	U_PM	U_NM	U_PS
E_NM	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z
E_NS	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z
E_Z	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z
E_PS	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z
E_PM	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z
E_PB	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z	U_Z

模糊控制的算法实现：

1、首先默认隶属函数和模糊规则是已经调试好的，我们需要一个输入E，一个输入EC和一个输出U.

2、求解E和EC的隶属度如图

对于输入E=a，穿过了三个三角，一次函数求得Z为0.2，ps=0.8，pm=0.1

对于输入EC=b，设解得Z=1，ns=0.5

至此输入模糊化完成

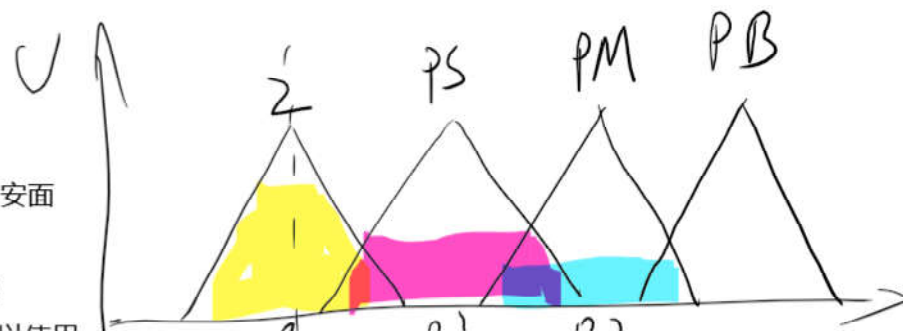
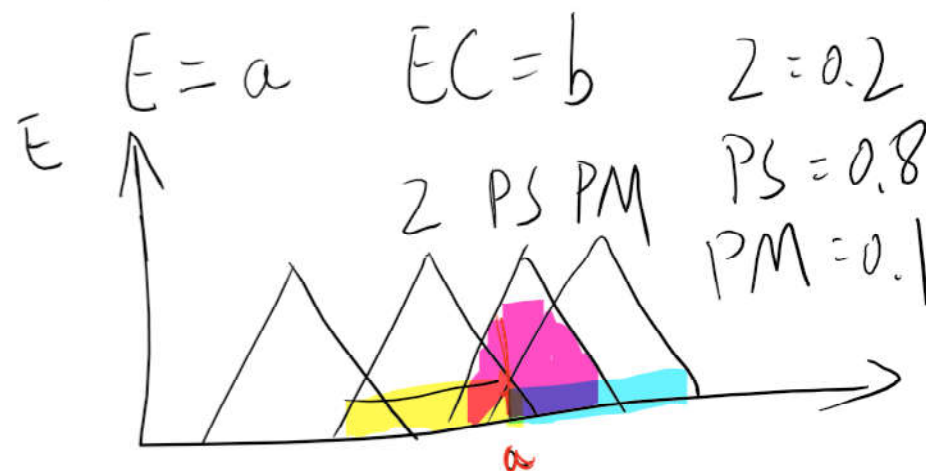
3、遍历所有规则，设规则有E=Z且EC=z，则U=z，那么UZ +=0.2*1=0.2

设规则有E=PM,且EC=Z，则U= Z,那么UZ += 0.1 * 1 =0.3

E和EC中没有出现的规则可以跳过，所有规则均要过一遍

4、所有规则都运算过后会得到U集各三角的值（PB = x,PM = y,PS = z.....），对该结果在函数中安面积画图，如图设UZ=0.8，UPS=0.3,UPM=0.2,其余为0.

至此，由E和Ec模糊集映射到U模糊集的任务已经完成，输出为0.8的Z，0.3的PS，和0.2的PM



积画图，如图设 $UZ=0.8$ ， $UPS=0.3$ ， $UPM=0.2$ ，其余为0。

至此，由 E 和 E_c 模糊集映射到 U 模糊集的任务已经完成，输出为0.8的 Z ，0.3的 PS ，和0.2的 PM

5、开始将输出解模糊，解模糊有很多方法，对于模式识别，因为其解为离散有限个，则可以使用最大隶属度法，最大隶属度为 z ，所以结果就是 z ，

但对于智能车舵机，解应该是连续无数个，这里采用重心法

即对右图的面积在横坐标上求取其重心点，使左右两边的面积达到类似天平的相等，重心点即为输出结果。

对于单片机计算面积的问题，采用了等效矩形法，即将面积等效为矩形来求解，矩形越多，越精确，计算量越大

