**3、合成法则的具体算法**

扎德提出的模糊逻辑合成法则，使用的是模糊关系合成算法（“。”）中的“取大-取小”合成法，是一种人为定义的算法，虽然有不少应用实例表明是可行的，但并不是对任何情况都适用。人们在应用、研究模糊控制的实践中，又提出过许多不同的近似推理合成算法。

在介绍模糊关系合成时，曾介绍过“取大-代数积”合成算法，它也曾被用作近似推理的合成算法。除此之外，由于近似推理要比模糊关系合成的情况复杂得多，况且由于模糊蕴涵关系就有着许多不同的定义，针对每种定义的又可能提出不同的合成算法，因此，历史上曾提出过许多种不同的合成算法。为了查阅和选用的方便，在表3-5中选列了常用的几种近似推理法则的合成算法。

表3-5 一些近似推理合成法则中使用的几种合成算法

|  |  |
| --- | --- |
| 复合运算名称 | 连续论域的表达式  （输入量，输出量） |
| 取大-取小（扎德法） |  |
| 取大-积 |  |
| 取小-取大 |  |
| 取大-取大 |  |
| 取小-取小 |  |
| 取大均 |  |
| 和-积 | 是取值限制在[0,1]上的逻辑函数 |

在进行近似推理合成法则的运算中，由于选取的模糊蕴涵关系R不同，使用的模糊推理合成算法不同，以及它们的组合不同，所得结果往往会大不一样，这些都需要根据实际情况进行探索筛取。

4. 控制器中的模糊蕴涵关系R

近似推理合成法则中的模糊蕴涵关系R，是由模糊规则的模糊条件命题构成的，一般模糊控制器中的R，由多条模糊条件命题组成。

设一个模糊控制器中的模糊规则有n条，即由n个模糊蕴涵关系组成，则控制器的模糊关系R，就由这n个模糊蕴涵关系的“并”构成：



将R代入近似推理合成法则，得出：



式中。由此可见，求输出量可有两种计算顺序。

算法① 先算出n个,，求出它们的并，代入计算的公式得出。

算法② 先算出n个，再求出它们的并，即可得出。

实际上在某个采样周期内，输入控制器的一个输入变量不可能同时激活所有的模糊蕴涵关系，即任何一个“小前提”不可能同时与所有的条件命题有关（跟某个条件命题有关则称该条件命题被“激活”）。如在图3-1上，若某时刻输入的变量：，则只能激活含有“正好”和“高”两个模糊子集的模糊命题，而与含模糊子集“低“的模糊命题无关。通常每个输入的精确量，往往激活的规则数只有1〜3个，所以一般采用称为“逐条推理法”的算法②进行运算。

假设一个模糊控制器的控制规则有*n*条，某时刻激活了条，则可以仅就这条语句逐条进行近似推理，然后对这个结论做“并”运算，没必要先算*n*个的并*R*。如果*m*和*n*都很小或相差不多，则可先求出*R*，用算法①计算。如果*n*很小，需要计算的输入次数很多，即输入变量的数目*i*很大时，可以先算出*R*，用算法①进行计算。

例3-7 某燃油锅炉供油阀门的开关程度和锅炉中水温相关，根据操作经验总结出一条模糊规则：“若水温高，则阀门关闭程度大”。设水温a的论域W和阀门关闭程度b的论域P都分5档：W=P={ 1 2 3 4 5}。现已知：

模糊集合*A(a)*代表水温“高”，；

模糊集合*B(b)*代表阀门关闭程度“大”，。

求：①“若水温高，则阀门关闭程度大”的模糊蕴涵关系；②若现在水温“不高”，问阀门关闭程度如何？

解 ①先求出“若水温高，则阀门关闭程度大”的模糊蕴涵关系R。

把模糊集合A(a)和B(b)写成模糊向量：



按照模糊蕴涵关系的Mamdani算法，模糊蕴涵关系为：



所以得出



② 再计算水温“不高”时阀门关闭的程度。

用代表锅炉水温“不高”，则，写成模糊向量为，把它代入近似推理合成法则公式：



于是得出：



即此时阀门关闭的程度，可见比水温高时油阀关闭得要小。

例3-8 设论域*X、Y、Z*分别为。

已知 ，；，；

，。

① 试用Mamdani算法确定模糊命题“”的模糊蕴涵关系；

② 当，；，时，根据①中得出的，求出相应的。

解 ① 根据Mandani算法，,先算出。

已知，，令，则：



将算出的代入蕴涵关系算式中，有：



② 按照近似推理合成法则，可算出

令





于是由、和得出。

例 3-9 已知，，，若它们满足“if A then U1 else U2”的蕴涵关系，求出当时的。

解 据题意该系统的总模糊规则，可由两条规则“if A then U1”和“if AC then U2”的并构成，因此可采用两种方法进行计算。

1. 方法1：

先按公式，求出，再用近似推理合成法则求得。

由于，可令和，则。

由于 A(a) = [1.0 0.4 0.1]，U1(u)=[0.8 0.5 0.2]，代入，有：

 又由于，写成向量为：，，代入，可得出：

 于是得出：



代入近似推理合成法则，有：



于是得出：



② 方法2：

复合命题“if A then U1 else U2”可以视为两个模糊命题：“if A then U1”和“if AC then U2”的并。于是，，其中：

，

，

由，于是得出：



本例题的*n*和*m*都不大，且只有一组输入，所以两种算法的繁简程度差别不大。