



模糊控制及其应用

顾 勇

(江苏省南通师专物理系 226007)

“模糊”(Fuzzy)一词为不清晰、“含糊不清”之意。由于人们的思维是极其粗略的,所以,语言表述也常常是不完全确定即“模糊”的。因为“模糊”的逻辑是定性的,毫无疑问它不够严密。然而,“模糊”比“清晰”所拥有的信息量要大,内涵更丰富。

以我们熟悉的“下雨”这一自然现象来说,从“绵绵细雨”到“倾盆大雨”,它不是以一种或几种界限明确、固定不变的形式出现,人们很难用确定的模型来刻画它,这样的现象就称为**模糊现象**。通常,人们一般用“小雨”、“中雨”、“大雨”这三个不同的概念来形容和描述雨下的程度。但是,什么样的雨是“小雨”?什么样的雨是“中雨”?什么样的雨又是“大雨”?人们很难准确说清。这样的概念(即小雨、中雨、大雨)就是**模糊概念**。再有,人们根据预报的降雨情况,可以推测某年庄稼的收成是“好”,还是“一般”,或是“坏”。而这种推测就叫**模糊推理**。在很多场合和很多情况下,模糊概念和模糊推理更适合于人们的观察、思维、推理与决策,也更符合客观世界。

20 世纪中叶以来,在科技进步与工业发展的过程中,自动控制理论和技术的发展起着重要的作用。自动控制理论分为古典控制论和现代控制论。前者以传递函数为基础,研究单输入单输出;后者以状态分析为基础,研究多输入多输出。如果对一些复杂的工业过程进行传统的自动控制,需要建立复杂的数学模型,而建立这种复杂的数学模型是非常困难的事。**模糊控制**是现代控制论中一种基于语言规则与模糊推理的高级控制策略和新技术。对复杂的工业过程进行控制,不是依赖于复杂的数学模型,而是通过计算机把熟练操作人员的经验总结为若

干条控制规则,并设计出一个装置去执行这些规则,从而实现对系统有效的控制,这就是模糊控制,这种装置称为模糊控制器。可见,模糊控制的实质就是用计算机去执行操作人员的控制策略,从而避开复杂的数学模型。

模糊控制的基本出发点是模拟人对系统进行控制。模糊控制的基本原理如图 1 所示,图中 K 为盛水容器,水位 x 由于某种原因而不断变动,调节水阀 A 可向 K 内注水或从 K 内向外排水。现要控制水面 x 到达设定的水位 O 点附近。首先,操作者不断地观察水位 x 与设定的水位 O 是否有偏差。对偏差的描述用“正大”(偏差为正而且很大)、“正小”、“零”、“负大”、“负小”等这些模糊概念。操作者根据偏差调节水阀,对水位进行控制:

若偏差为“正大”,将阀门调至“大排水”;
若偏差为“正小”,将阀门调至“小排水”;
若偏差为“零”,调至“不排水且不注水”;
.....

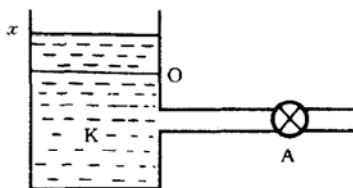


图1 水位调节示意

由于我们观察到的水位都是具体的数值,为了应用以上规则,必须把这些数值转换成为语言形式。在模糊控制中,这个过程称为输入量的模糊化。根据**模糊化的输入**,由控制规则就得到“快排水”、“慢注水”等语言形式的输出,即**模糊输出**。由模糊输出再确定阀门开启的位置,这个过程称为**模糊判决**。

模糊控制的发展概况

模糊控制理论是由美国加利福尼亚大学著名教授查德(L. A. Zadeh)于1965年首先提出的。从70年代开始发行专业杂志《Fuzzy Sets and Systems》。80年代成立了“国际模糊系统学会”。90年代初开始举办有关模糊控制的国际性会议。模糊理论从提出到现在,研究范围已从单纯的模糊数学发展到模糊控制的应用。

最早取得应用成果的是英国伦敦大学麦德米教授(E. H. Mamdani),他于1974年首先在实验室对锅炉和汽轮机进行模糊控制获得成功。1975年,英国首次将模糊控制应用于工业反应过程的温度控制中。1976年,日本大阪大学田中研究室的三位学者,通过接口用计算机控制机器人,给它以模糊指令,使机器人按一张模拟的城市简图到达目的地。1977年,英国又在道路交通指挥上采用了模糊控制,试验结果使车辆平均等待时间减少了7%。1979年,英国科学家又研制成功一种自组织模糊控制器,它的问世标志着模糊控制器的“智能化”程度进一步向高级阶段迈进。1982年,日本大阪水泥窑生产自动线也成功地应用了模糊控制。1983年,日本又将一种基于语言真值推理的模糊逻辑控制器应用于汽车速度自动控制,并取得了成功。此后,模糊控制在化工、机械、冶金、工业窑炉、水处理、食品加工等诸多领域中得到应用。

我国在模糊控制理论及其应用方面的研究工作是从1979年开始的。一些著名高校和研究所对模糊控制的理论、结构、推理,以及自学习模糊控制器和自组织模糊控制器均进行了大量的研究,发表了许多有价值的学术论文。同时,在窑炉、冶炼、造纸以及家用电器等方面的应用成果也逐步显露出来。

模糊控制的应用

一、模糊控制在工业上的应用

由于模糊控制比传统的控制技术具有更多的优越性能,近几年来,国内外模糊控制的应用日益广泛。据大量文献资料报道,模糊控制在金融系统、地震预报等许多领域均有不少应用实例,尤其在工业应用中更为突出。

1. 对交流伺服系统的控制

交流伺服系统可以对机器人或操作机械手的关节部位进行驱动,也可用于精密数控机床。该系统具有以下的特点:快速跟踪性能好,即系统对输入信号的响应快;跟踪误差小,过渡过程时间短,采用无级调速;稳定性高,即系统输出与给定值间稳定偏差小;定位精度高,具有相当大的定位力矩。交流伺服系统对控制的要求甚高,一般的传统控制方法无法满足它的需要。采用模糊控制不仅能满足上述的动态和静态性能,还具有抑制各种非线性因素对系统影响的作用。

2. 对造纸生产过程的控制

成纸水分是纸张最重要的质量指标之一。水分过高会导致水分不均匀,容易出现起泡、水斑等各种纸病;水份过低则会导致纸张发脆、强度减弱甚至造成断纸,同时还会多耗用蒸气,使能耗增加。如果生产过程中采用模糊控制技术,则可将水分控制在国家规定的标准上,同时,还可获得明显的经济效益。对于年产6000吨的纸机,如果提高2%的水分,每年可多获利几十万元。

3. 对工业机器人的控制

工业机器人一般都是多关节的,各个关节之间有着极其复杂的关系,且机器人的转动惯量随着运动位置的不同而变化。对机器人这种非线性控制对象实现高精度、快速平稳的控制决非易事。传统的控制策略需要准确的机器人动力学模型。而模糊控制不需要对被控对象——机器人有精确的动力学模型,仅通过对输入输出信号的检测,就可达到对机器人的控制。

4. 对粮食烘干系统的控制

粮食烘干技术在国内发展迅速,其处理手段主要有热风烘干法、热油烘干法和红外线烘干法等。其中热风烘干法比较成熟。粮食烘干过程是一个比较复杂的工业控制过程。既要保证温度不超过55℃,又要保证最终控制住粮食的含水量。显然,用传统的数台烘干设备串联工作的方法,不能适应其精确度的要求,同时,想要建立精确的数学模型是一件十分困难的事。而模糊控制方法对被控对象的数学模型没

有太高的要求,因此它在粮食烘干系统中的应用具有良好的发展前景。

二、模糊控制在家电产品中的应用

由于模糊控制家电产品在功能上比普通的家电产品有进一步的提高,目前日本已经将模糊控制技术普及到各类家用电器产品上。如:空调机、洗衣机、电冰箱、微波炉、电饭煲、吸尘器等,普及率已达50%以上。我国在家电产品中应用模糊控制技术方面仍属起步阶段,大多采用从日本引进或合资生产的方式。

1. 在洗衣机中的应用

现阶段人们对洗衣机的质量要求不断提高,逐步从单缸向双缸进而向全自动方向发展。全自动洗衣机普遍采用了神经元与模糊控制等高新技术,使洗衣方法更加科学。模糊洗衣机能根据不同的织物、不同的洗衣量,以及设定的水温、洗涤剂用量等不同条件,采用不同的洗涤方式。另外,新增的静音化技术处理,使洗衣机可在深夜洗涤而不致影响邻居和家人的休息。模糊洗衣机操作部分具有过程选择、程序选择、洗衣粉用量选择和水位高度选择的功能。此外,还有预约洗涤、时间显示和进行过程显示等多种辅助功能。

2. 在电饭煲中的应用

电饭煲在家电炊具制品中占了很大的比例。在电饭煲中日本领先采用了模糊控制技术。模糊电饭煲在烧煮过程中由各温度传感器的检测量作为输入,根据烧煮过程的温度曲线来控制加热器,从而细致地调节火候,控制多个加热器从锅底及四周同时加热,使米饭煮沸均匀增加可口性;在保温阶段,采用多个温度传感器分别检测,通过模糊控制做到均匀保温(即使打开锅盖,也能保温),防止米饭冷却和干燥。

3. 在空调器中的应用

新型模糊空调器功能十分齐全,除能够制冷、制热以外,还有如下功能:

高度舒适感功能 定时调节温度;短时到达理想的温度;采用静音化设计技术。

高度自动化功能 自动适合当天的气温;自动进行运转;自动诊断故障并显示告知用户;

自动进行计时;记忆运行;经济运行;预约与定时功能等。

完善的辅助功能 清洁空气;自动除霜;模拟自然风,改善制热与制冷的效果;电话遥控(开/关)功能等。

三、模糊控制在其他领域中的应用

模糊控制除了在工业和家电领域中有许多应用以外,还在计算机制造、抗生素染菌故障诊断、图象识别、天气预报等方面得到普遍的应用。这种广泛的实用性是传统控制方法所无法比拟的。

1. 抗生素发酵过程染菌故障诊断

抗生素发酵生产是一个纯菌种培养过程,在生产过程中有时会因操作不当而污染杂菌。一旦染菌事故发生,不仅消耗培养基中的营养成分,而且杂菌还会代谢某些抗生素产生有毒菌,或者能使抗生素失去活性。科学家们根据污染杂菌的种类,建立了染菌故障的模糊诊断模型。通过模型能准确地诊断出在抗生素生产过程中有否发生染菌故障。

2. 在医疗诊断中的应用

由于患者表现的症状具有模糊性以及医学信息的不完善性,因此,往往对疾病的诊断也是非确定性的。医疗中人们利用著名医学专家的临床经验,运用模糊数学和方法建立起疾病的模糊诊断模型,根据模型确定区间内值的大小,从而诊断出病人属于何种类型的疾病。

3. 在天气预报中的应用

模糊预测是近年来基于模糊集理论发展起来的一种新的预测方法。实践表明,模糊预测在复杂系统的建模中具有特殊的优越性,同时,它还具有很强的适应能力和预测能力。由于模糊预测系统具有学习功能,因而不但能实现模型的自动更新,而且还能不断修正各模糊子集的隶属函数,使模糊建模更具合理性。

以上仅例举了部分应用,实际的应用领域要广泛得多。模糊控制思想和理论是近代多学科结合的一门崭新科学,是科学技术发展到一定阶段的产物。模糊技术的发展之迅速、应用之广泛,成效之显著,已经引起了人们极大的关注。