

刘增良 主编

模糊技术与 应用选编

(2)

北京航空航天大学出版社

模糊技术与应用选编

(2)

刘增良 主编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

《模糊技术与应用选编》(2)是模糊技术与应用文献精选的第(二)卷。本卷从国内几十种期刊中选编了1994—1996年以来有关模糊技术理论、方法、实现技术、应用范例等有关方面的代表性学术技术文章125篇。较集中地反映了我国现阶段模糊技术研究开发及应用的水平,具有重要的参考价值。

本书的主要内容有:模糊逻辑推理方法与技术;模糊控制器设计与实现技术;模糊神经网络方法与实现技术;模糊专家系统原理及设计;模糊模式识别与应用技术;模糊诊断方法与应用技术;模糊程序设计语言与模糊数据库技术;模糊预测、决策与规划技术;模糊可靠性分析与优化设计;模糊综合评判方法及应用;模糊聚类分析与应用;模糊控制技术应用系统等。

本书具有重要的实用价值,它涉及了模糊技术在自动控制、电子、计算机、家电、机械、工程科学以及管理、决策、软科学等多方面的应用成果,是从事上述诸方面研究开发及应用人员的重要参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

模糊技术与应用选编 (2)/刘增良主编. —北京:北京航空航天大学出版社,1997.5

ISBN 7-81012-695-4

I. 模… II. 刘… III. 模糊控制-文集 IV. TP13-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 25108 号

模糊技术与应用选编(2)

MOHU JISHU YU YINGYONG XUANBIAN(2)

责任编辑:王小青 责任校对:张韵秋

北京航空航天大学出版社出版

北京学院路 37 号(100083) 62015720(发行科电话)

新华书店总店北京发行所发行 各地书店经销

北京宏文印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张:45.75 字数:1166 千字

1997 年 5 月第一版 1997 年 5 月第一次印刷 印数:5000 册

ISBN 7-81012-695-4/TP·238 定价:56.00 元

前 言

模糊技术的研究开发目前正遇到了千载难逢的大好时机,国内外科技界、企业界和政府部门都特别关注着“模糊”领域。它既是一个学术热点,又是一个开发热点。

在自然科学、社会科学、工程技术的各个领域,都会涉及大量的模糊因素和模糊信息处理问题,模糊技术几乎渗透到了所有领域,列有模糊专题的较大型国际会议每年约有十多个,各种模糊技术成果和模糊产品也逐渐由实验室走向社会,有些已经取得了明显的社会效益和经济效益。像冶金、机械、石油、化工、电力、电子、轻工、能源、交通、医疗、卫生、工业、农业、林业、地理、地质、水文、地震、气象、环保、建筑、行为科学、管理科学、法律、教育、军事科学等等,每个领域都有其成功的应用范例。比如:

- * 在软科学方面,模糊技术已用到了投资决策、企业效益评估、区域发展规划、经济宏观调控、中长期市场模糊预测等领域。模糊理论将大大促进软科学的科学化、量化研究。

- * 在地震科学方面,模糊技术已涉及到中长期地震预报、地震危险分析和潜在震源识别、地震灾害预测及减轻地震灾害对策等领域。

- * 在工业过程控制方面,已实现了冶金炉窑模糊控制、化工过程模糊控制、水泥窑和玻璃窑模糊控制等等。模糊控制技术已经成为复杂系统控制的一种有效手段,将大大拓宽自动控制的应用范围。

- * 在家电行业,已经实现了模糊洗衣机、模糊空调器等 40 余种模糊家电产品,产生了巨大的神经经济效益。

- * 在人工智能与计算机高技术领域,已经出现了模糊推理机、模糊控制计算机、模糊专家系统、模糊数据库、模糊语音识别系统、图形文字模糊识别系统、模糊控制机器人等高科技产品,同时还出现了 F-Prolog、Fuzzy-C 等语言系统。

- * 在航空航天及军事领域,模糊技术已用到了飞行器对接、C³I 指定自动化系统等方面。

.....

特别是近几年,各种模糊芯片、模糊技术开发工具等模糊软、硬件产品相继出现,预示着一一种新兴的模糊产业在崛起。

我国随着改革开放和企业对高新技术的渴求,模糊技术越来越多地被科技人员、企业家所重视,大批科技人员开始了解并有意转向这一领域。高等院校,特别是工科院校开始在研究生、高年级大学生中开设有关模糊技术课程。企业界也希望能生产模糊产品,以求产品上档次。近几年来,模糊技术作为一项关键技术,已被列入国家和省市的多种攻关计划。1988 年国家自然科学基金委员会作为重大基础研究项目,投资 135 万元支持了“模糊信息处理与机器智能”的研究,国内十几所高校和科研单位,数十名专家、教授、科技人员参加了这一研究工作,对推动我国模糊理论的系统研究起了很大的作用。1994 年国家经济贸易委员会作为国家技术开发项目专项投资上亿元开发模糊技术产品;国家技术监督局专门成立了模糊技术标准化工作组,制定各种模糊产品国家标准。这必将大大推进我国的模糊技术产业化进程。

为不失时机地推动模糊技术在我国传播与发展,满足高等院校、科研单位、工矿企业教学、科研与产品开发的需要,在北京航空航天大学出版社的大力支持下,我们从 1994 年开始编辑出版着一套《模糊技术与应用丛书》(简称《丛书》)。这套《丛书》将分门别类地归纳总结国内

外模糊技术理论成果和应用成果,重点介绍模糊技术的工程应用方法和工程实现方法。对模糊控制、模糊识别、模糊专家系统、模糊诊断、模糊信息处理、模糊数据库、模糊预测、决策与规划等都将以专著形式专题论述。全套《丛书》贯穿一线,形成一套完整的模糊技术的工程应用方法专著系列。

于此同时,为便地专家学者和工程技术人员查找模糊技术的文献资料,满足读者一册在手,即可全面了解国内期刊杂志关于模糊技术研究开发成果发表情况的愿意,我们又组织了这套《模糊技术与应用选编》(简称《选编》),试图将散见于国内上百种期刊杂志及会议文集上的模糊技术与应用成果的代表性文章选编成册,并分门别类地加以汇编,使其能反映当代模糊技术与应用研究开发的整体水平。

《模糊技术与应用选编》(2)是模糊技术与应用文献精选的第二卷,本卷从国内数十种期刊杂志中选编了1994—1996年以来有关模糊技术理论、方法、实现技术、应用范例等有关方面的代表性学术技术文章125篇。较集中地反映了我国现阶段模糊技术研究开发及应用的水平,具有重要的参考价值。

本卷将收入的文章,按其主题内容分别归并成了12章。这12章的题目是:模糊逻辑推理方法与技术;模糊控制器设计与实现技术;模糊神经网络方法与实现技术;模糊专家系统原理及设计;模糊模式识别与应用技术;模糊诊断方法与应用技术;模糊程序设计语言与模糊数据库技术;模糊预测、决策与规划技术;模糊可靠性分析与优化设计;模糊综合评判方法及应用;模糊聚类分析与应用;模糊控制技术应用系统。本卷的特点是实用性强,它涉及了模糊技术在自动控制、电子、计算机、家电、机械、工程以及管理、决策、软科学等多方面的应用成果。

《选编》(2)的出版得到了广大作者的支持,出版前凡有地址可寻的作者,出版社都与作者取得了联系,不少作者还对自己的文章提出了修改意见,在此表示衷心的感谢。但仍有少数作者未能取得联系,希望本书出版后论文作者能继续与出版社编辑部取得联系,以便处理有关事宜。

本套《选编》由刘增良主编;刘增良与刘有才负责文稿的收集、筛选、整理修改和整体结构设计等工作;王小青任责任编辑,并负责了成书过程的组织协调、来函处理和统稿审定工作;王海云具体分工与作者联络、信函管理等有关事宜。

我们希望《选编》和《丛书》能满足教学、科研和产品开发应用的需要,希望能对我国模糊技术的发展及推广应用起到积极的作用。今后我们将继续出版《选编》和《丛书》,希望得到广大读者和作者的关心、支持,欢迎大学不断地向我们推荐有关期刊杂志上发表的具有重要参考价值的好文章和具有重要应用价值的《丛书》选题。

出版社地址:北京市海淀区学院路37号北京航空航天大学出版社编辑部

联系人:王海云

邮政编码:100083

联系电话:62017251—7546

主编通讯地址:北京981信箱225—10

邮政编码:100091

联系人:刘增良

《模糊技术与应用选编》组

主编 刘增良

1996年10月

目 录

第一章 模糊逻辑推理方法与技术

- 1.1 非线性函数的模糊推理模式化..... (2)
- 1.2 基于规则的模糊似然推理..... (8)
- 1.3 关于模糊联想类比推理的数学模型及逻辑初探..... (17)
- 1.4 带参的模糊推理合成法则..... (23)
- 1.5 格型模糊谓词逻辑与推理..... (27)
- 1.6 证据理论的随机集表示..... (37)

第二章 模糊控制器设计与实现技术

- 2.1 关于模糊控制中一类模糊推理方法的研究..... (44)
- 2.2 智能调整型模糊控制器的研究..... (49)
- 2.3 模糊控制器的绝对稳定性圆判据..... (55)
- 2.4 一种高速可编程模糊控制器..... (61)
- 2.5 模糊关系系统解耦方法..... (70)
- 2.6 提高模糊控制器精度的研究..... (75)
- 2.7 模型参考模糊自适应控制..... (79)
- 2.8 一种新的多模型模糊自适应控制算法..... (84)
- 2.9 完全模拟人工法及其控制器..... (88)
- 2.10 专家模糊控制方法..... (91)
- 2.11 精确-模糊混合控制系统..... (96)
- 2.12 一种新型模糊控制系统及其仿真研究..... (99)
- 2.13 非线性大系统的分散自适应模糊控制..... (105)
- 2.14 应用模糊逆关系设计自适应模糊控制系统..... (113)
- 2.15 参变量模糊控制绝对不稳定系统..... (119)
- 2.16 最小方差预报自调整比例因子 FUZZY 控制器..... (126)
- 2.17 因子动态加权自调整 FUZZY 控制器及其应用..... (131)
- 2.18 三维模糊控制关系阵自动生成软件..... (136)

第三章 模糊神经网络方法与实现技术

- 3.1 一种模糊控制系统的神经网络方法..... (142)
- 3.2 动态模糊推理神经网络的结构分析..... (149)
- 3.3 基于神经网络的模糊控制..... (159)
- 3.4 利用神经网络进行推理的模糊控制器..... (163)

3.5	稳定性监控自学习 FNN 控制器	(168)
3.6	结合模糊推理的多变量神经自适应控制	(175)
3.7	基于神经网络的具有 Smith 预估器的 PID 控制	(181)
3.8	具有时滞的不确定性系统神经网络模糊自学习控制	(185)
3.9	模型参考模糊神经网络控制器的开发	(193)
3.10	基于神经网络的多变量自适应控制器	(197)
3.11	实现操作人员控制策略的模糊神经网络方法	(202)
3.12	应用单层神经网络设计多变量自适应模糊控制器	(208)
3.13	基于模糊联想神经网络的自组织模糊控制器	(214)
3.14	用于知识处理的因素神经元模型	(218)
3.15	基于模糊神经网络进行尺寸加工精度智能监控的研究	(221)
3.16	模糊神经网络在四足步行机器人控制中的应用	(226)
3.17	一类模糊神经元网络控制器及其仿真	(232)
3.18	因素神经网络模型及其分类	(237)
3.19	模糊神经网络自学习控制器及其应用	(240)
3.20	基于模糊神经网络的控制规则获取及置信度估计问题	(247)
3.21	基于神经网络的模糊自适应 PID 控制方法	(254)

第四章 模糊专家系统原理及设计

4.1	基于自组织特征映射的隶属函数生成法	(262)
4.2	模糊解释结构建模研究	(267)
4.3	模糊专家系统开发环境的思想及其实现	(274)
4.4	模糊专家系统外壳研制的探讨	(280)
4.5	高炉炉况模糊诊断专家系统的研究	(284)
4.6	多变量模糊系统的一种快速算法	(289)
4.7	一种用模糊-神经技术建造专家系统的方法	(293)
4.8	α - β 剪枝算法在优化模糊 PROLOG 推理过程中的应用	(301)

第五章 模糊模式识别与应用技术

5.1	基于模糊集理论的雷达识别方法	(308)
5.2	一种基于模糊数学的手写汉字识别方法	(314)
5.3	汉语声调的多特征模糊识别方法	(320)
5.4	采用模糊切分实现非特定人连续数字语音识别	(326)

第六章 模糊诊断方法与应用技术

6.1	集成旋转机械故障诊断的知识表示与推理	(334)
6.2	故障模糊诊断专家系统 FFDES	(340)
6.3	机械系统故障树分析的一种新的模糊方法	(343)
6.4	汽车零部件失效的模糊诊断及专家系统的研究	(350)

6.5 一种利用神经网络的故障模糊诊断系统	(356)
6.6 故障诊断系统中模糊推理算法的研究	(362)
6.7 柔性加工单元故障诊断的模糊 Petri 网模型	(367)
6.8 基于神经网络和模糊综合评判的梁故障诊断研究	(372)

第七章 模糊程序设计语言与模糊数据库技术

7.1 模糊信息查询技术研究	(378)
7.2 基于扩展 SQL 的 GIS 模糊查询的表达与实现	(385)
7.3 模糊智能信息系统的设计与实现	(390)

第八章 模糊预测、决策与规划技术

8.1 多层次 Fuzzy 因素的线性回归预测模型	(398)
8.2 因素空间与模糊决策	(403)
8.3 基于 Fuzzy 数序的多属性决策与综合评判模型	(409)
8.4 主进度多目标模糊决策模型及其模糊算法	(413)
8.5 设备更新决策的模糊评价	(419)
8.6 用模糊相似优先比决策法确定矿井开拓方式方案	(422)
8.7 有限方案模糊多目标群决策方法的研究	(429)
8.8 模糊多目标系统实用最优决策法及其应用	(434)
8.9 一种实用的模糊决策方法	(440)
8.10 军事指挥控制(C ²)的一个模糊决策模型	(444)
8.11 智能型洗衣机中的模糊决策	(450)
8.12 基于模糊的宏观决策支持系统	(456)
8.13 模糊联想存储器及自适应学习算法在地震预报中的应用	(462)
8.14 时变性模糊线性规划问题解的存在性和稳定性	(468)
8.15 港口集疏运的 Fuzzy 规划方法	(474)
8.16 对话型模糊多目标规划模型及求解方法	(479)
8.17 模糊学择近原则在多目标规划中的应用	(485)
8.18 多目标模糊优化潮流模型及其基于神经网络的算法	(490)

第九章 模糊可靠性分析与优化设计

9.1 海洋结构管节点疲劳失效的模糊定义及可靠性分析	(498)
9.2 系统可靠度的模糊优化分配	(503)
9.3 基于模糊随机变量的结构广义可靠度	(508)
9.4 以动态模糊随机可靠度为参数的在役结构维修决策	(513)
9.5 模糊状态下装卸机械系统的可靠性分析	(519)
9.6 疲劳寿命概率分布的模糊贝叶斯确定方法	(526)
9.7 碟形弹簧的模糊可靠性优化设计	(531)
9.8 机械结构的模糊优化设计	(535)

9.9	结构强度的模糊可靠性分析	(540)
9.10	结构的模糊不确定因素对可靠度的影响	(545)
9.11	边坡工程模糊可靠度研究	(551)
9.12	连杆机构曲线特征参数模糊相似度的判别方法	(559)
9.13	模糊优化在坝工结构设计中的应用	(563)
9.14	结构系统多目标模糊优化对称解的一般形式	(569)
第十章 模糊综合评判方法及应用		
10.1	多因素层次模糊综合评判决策模型及其应用	(574)
10.2	面向复杂对象系统的多人多层次多目标综合评价问题的形式化研究	(578)
10.3	用模糊评判法进行设备选购评估	(586)
10.4	多级模糊层次综合评价方法在企业评价中的应用	(592)
10.5	采矿设计方案的模糊评价	(600)
10.6	人才选拔和培养的后评估方法	(605)
10.7	模糊综合评判在液压故障诊断中的应用	(611)
第十一章 模糊聚类分析与应用		
11.1	模糊聚类分析的一种新方法	(618)
11.2	绝对距离 $d(R, T)$ 最小的模糊等价矩阵	(622)
11.3	模糊 C 均值聚类算法的一种初始化方法	(629)
11.4	关于 Fuzzy 聚类分析及其在计量鉴定中应用的研究	(634)
11.5	设备的模糊综合分类法	(639)
11.6	模糊聚类在人才选拔中的应用	(644)
第十二章 模糊控制技术应用系统		
12.1	多变量模糊控制模型辨识方法及其在矿热电炉决策支持系统中的应用	(652)
12.2	模糊温度控制器的实现	(658)
12.3	锅炉燃烧系统的模糊控制研究	(663)
12.4	模糊式电力系统稳定器的研究	(668)
12.5	模糊控制在火电厂热力过程自动控制中的应用	(676)
12.6	模糊控制在炉温控制系统中的试验研究	(685)
12.7	水轮机模糊调速器研究	(689)
12.8	模糊控制器在线材活套计算机控制系统中的应用	(694)
12.9	模糊控制在液态 CO_2 恒温控制过程中的应用	(700)
12.10	水泥回转窑的一种 Fuzzy 控制实现	(707)
12.11	分层递阶模糊控制在空调控制系统中的应用	(711)
12.12	串级调速系统的模糊控制	(715)

第一章

模糊逻辑推理方法 与技术

1.1 非线性函数的模糊推理模式化

韩生廉

(同济大学电气工程系 上海 200092)

模糊理论,作为现代信息科学的一个重要概念和方法论,它的科学性和有效性越来越引起人们的重视。1968年L. A. Zadeh发表了关于模糊算法(Fuzzy Algorithms)的论文以后^[1],模糊控制-模糊决策的研究取得了可喜的成果^[2~7],模糊科学的进展,举世瞩目。

在模糊工学、经济学、经营学、生理学、心理学、社会学等研究中,人们正期待着模糊模式化(Fuzzy Modeling)与模糊控制-模糊决策(Fuzzy Control-Fuzzy Making)融合技术的开发与进展,这就需要首先解决对非线性系统,特别是强非线性系统(比如,复杂的化学过程、由人的因素支配的系统、数据只能用各种分布形式表现的系统、模糊环境下的决策系统等等)如何描述,如何建立模式,探索模糊模式化的模糊控制-模糊决策的融合等问题,从而得到与经验丰富的操作者相同程度或程度更高的控制性能或决策方案。这里以模糊控制系统为研究对象来探讨我们的提案。

一、模糊控制系统的输入输出关系与模糊推理形式

1. 模糊控制系统的构造

模糊控制系统(FCS)也是一种反馈系统,构造上和传统控制没有区别,但是从控制偏差 e 和控制偏差的变化率 Δe 求解控制量变化率 Δu 的过程,与传统控制(PID控制)有极其显著的区别。它的构造由模糊控制规则和模糊推理形式来决定,通常模糊控制系统的构造如图1.1-1所示。

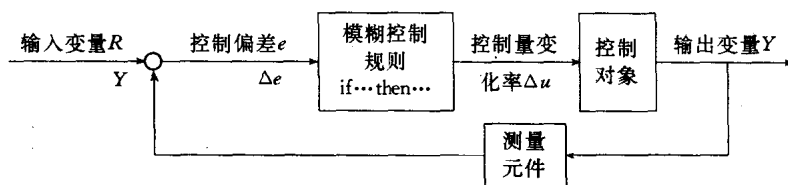


图 1.1-1 模糊控制系统

图1.1-1所示的模糊控制系统中,模糊控制器的输入变量是偏差 e 和偏差的变化率 Δe ,输出变量是控制量 u 的变化度 Δu ,我们称这种构造为速度型。因为 Δu 是 u 对时间的微分,相当于速度。至于不用 u 作为输出量(位置型)的原因是,如果采用位置型构造,在模糊推理过程中必须把偏差 e 的积分值作为模糊推理条件的变量,这将使计算变得非常困难。在这里我们还要

本文收到日期:1995年3月15日。国家教委留学回国人员科研基金资助项目。

指出,采用速度型构造,不仅计算简单,更重要的是可以使模糊控制规则数大为减少,因而使推理速度加快。上述模糊控制器的输入与输出之间的关系可表示为

$$e, \Delta e \rightarrow \Delta u \quad (1)$$

由式(1)知,模糊控制是从 $e, \Delta e$ 经过模糊推理求得 Δu , 所以也称这样的控制为模糊 PI 控制。这是因为 e 和 Δu 的关系正好相当于 $u(t) = \int e(t) dt$ 这样的积分, 而 Δe 和 Δu 的关系正好相当于 $u(t) = K_p e(t)$ 这样的比例关系。

2. 模糊推理形式

模糊推理形式为

“IF...THEN...”型的模糊控制规则(Fuzzy Controll Rule)+模糊推理,例如:

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } e \text{ is } A_1 \text{ and } \Delta e \text{ is } B_1 \text{ then } \Delta u \text{ is } C_1 \\ \text{or } \dots \\ \text{if } e \text{ is } A_i \text{ and } \Delta e \text{ is } B_i \text{ then } \Delta u \text{ is } C_i \\ \text{or } \dots \\ \text{if } e \text{ is } A_n \text{ and } \Delta e \text{ is } B_n \text{ then } \Delta u \text{ is } C_n \end{array} \right\} \quad (2)$$

式中: $e, \Delta e$ 称为推理条件部的模糊变量; Δu 称为推理结论部的模糊变量; A_i, B_i, C_i 是模糊集合。模糊控制中采用的模糊变量一般常用如下 7 个:

{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB}

NB=Negative Big PS=Positive Small

NM=Negative Medium PM=Positive Medium

NS=Negative Small PB=Positive Big ZO=Zero

世界上第一个模糊控制的实例中^[2],把这 7 个模糊变量用三角形量化到图 1.1.2 所示的 $[-6, +6]$ 闭区间上。

模糊推理过程,即是从 $e, \Delta e$ 经过模糊推理求得 Δu 的过程,可以用图 1.1-3 来表示。

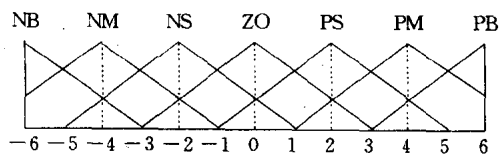


图 1.1-2 模糊变量的三角形量化

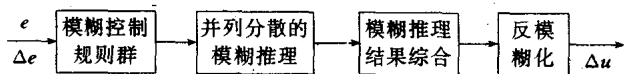


图 1.1.3 模糊推理过程

图 1.1-3 中, $e, \Delta e$ 为模糊控制器的输入变量,是来自检测装置的量,所以是非模糊量,而控制量 Δu 是操作控制对象的量,也必须是非模糊量,故有反模糊化的过程。模糊推理的结果有几种综合方法,最常用的是 Max-Min-重心法。

设非模糊输入量 $e=e^0, \Delta e=\Delta e^0$, Max-Min-重心法的并列分散的模糊推理(各 FCR)结果的综合,如图 1.1-4 所示。

$$\text{if } e = A_i \text{ and } \Delta e = B_i \text{ then } \Delta u = C_i$$

$\omega_i = a_i \wedge b_i (i=1, 2), C_i^* = \omega_i \wedge C_i (i=1, 2), C^* = C_1^* \cup C_2^*, \Delta u^*$ 为隶属度函数 C^* 的重力中心。

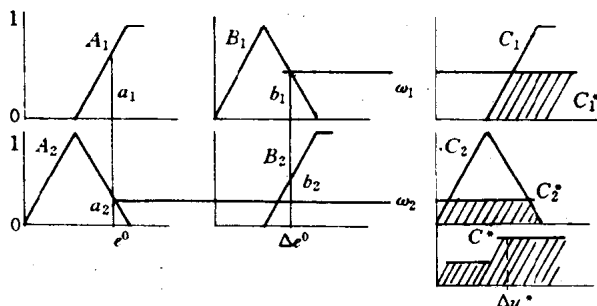


图 1.1-4 基于 Max-Min-重心法的模糊推理

二、非线性函数的折线近似

由以上的讨论我们知道,模糊推理的条件部分和结论部分都是用语言表现的,所以强非线性函数 $\Delta u = g(e, \Delta e)$ 用模糊推理近似表现是可能的。为了简单起见,我们以一个变量的非线性函数为例来说明。

设非线性函数

$$y = g(x) \quad (3)$$

可以用图 1.1-5 所示的折线来近似,折线函数为

$$y = t(x) \quad (4)$$

显而易见,从图 1.1-5 中,可得

$$g(x_i) = t(x_i) \quad (5)$$

x_i 为点 i 的横坐标。

这时,图 1.1-5 中的任何两相邻点 X_i 和 X_{i+1} 间的线段都可以由公式

$$t_i(x) = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}(x - x_i) + y_i \quad (6)$$

来描述。

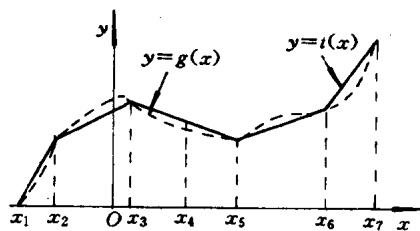


图 1.1-5 非线性函数的折线近似

三、折线函数的模糊推理模式化

1. 折线函数的模糊推理表现

上面我们叙述了用折线函数近似非线性函数,而非线性函数如何用模糊推理来模式化,则是实现非线性系统自动控制的中心问题。

设有图 1.1-6 所示的折线,我们可以用如下的模糊推理(简略为 FR)来表现:

FR1: if $x = A_{11}$ then $y = C_{11}$, FR2: if $x = A_{12}$ then $y = C_{12}$

A_{11}, A_{12} 是区间 $[x_1, x_2]$ 上的模糊集合, C_{11}, C_{12} 是区间 $[y_1, y_2]$ 上的模糊集合。

比如, $X = \{1, 2, 3\}$, $Y = \{2, 3, 4\}$, 即模糊集合可表示为

A_{11} : 'x 小', A_{12} : 'x 大'

C_{11} : 'y 小', C_{12} : 'y 大'

这里我们用算数平均(Averaging)+最大化法(Maximizing),简称AVMAX法。非模糊输入量 $x=x^0$ 时,模糊推理结果为

$$\text{FR1: } C_{11}^* = A_{11}(x^0) \wedge C_{11} \quad (7)$$

$$\text{FR2: } C_{12}^* = A_{12}(x^0) \wedge C_{12} \quad (8)$$

模糊推理结果的综合

$$C_1^* = C_{11}^* + C_{12}^* \quad (9)$$

2. 基于 AVMAX 法的折线函数模糊推理规则数探讨

设有图 1.1-7 所示的 2 条线段构成的折线,则(a),(b)所示的折线函数可以分别用图 1.1-7(a),(b)所示的模糊推理来表现。由图 1.1-8 可以看出 2 条线段构成的折线,可以用 3 条以下的模糊推理规则来表现。以此类推, n 条线段构成的折线可用 $(n+1)$ 条规则表现。

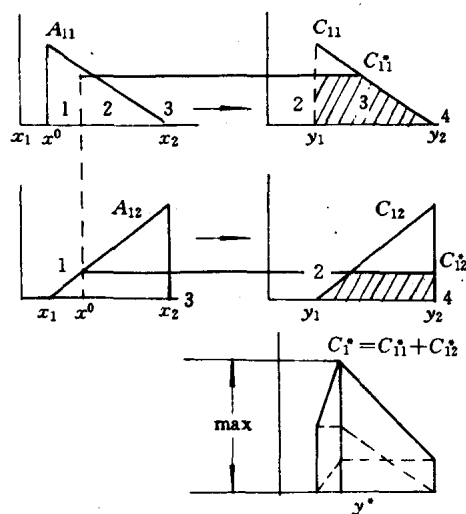


图 1.1-6 折线的 AVMAX 法推理

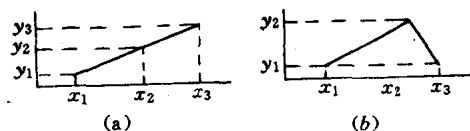


图 1.1-7 折线函数

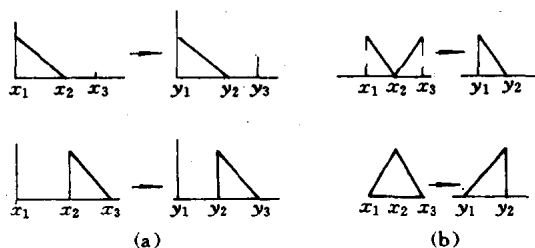


图 1.1-8 折线函数的模糊推理表现

设 n 条线段构成的折线可以用 k 条模糊推理规则来表现,则

$$k = 2x(\text{线段的条数}) - (\text{折点的个数}) = 2n - (n - 1) = n + 1$$

3. 折线函数的模糊推理模式化示例

设非线性函数 $y=g(x)$ 可以用图 1.1-9 所示的折线函数来近似,则用我们提案的非线性函数的模糊推理模式化方法,针对不同的决策目的可将非线性函数 $y=g(x)$ 转换成适合于决策目的的模糊推理条件命题,从而实现(非线性函数所描述的)非线性系统的模糊控制。由于篇幅关系,这里只列举图 1.1-10 所示的(a),(b),(c),(d)4 个模糊推理条件命题。

模糊推理条件命题 FR(a)可解释为

$$\text{if } x_i = A_{11} \text{ or } x_j = A_{12} \text{ then } y_k = C_1 \quad (10)$$

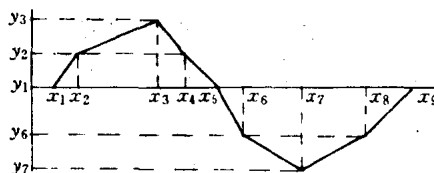


图 1.1-9 折线函数

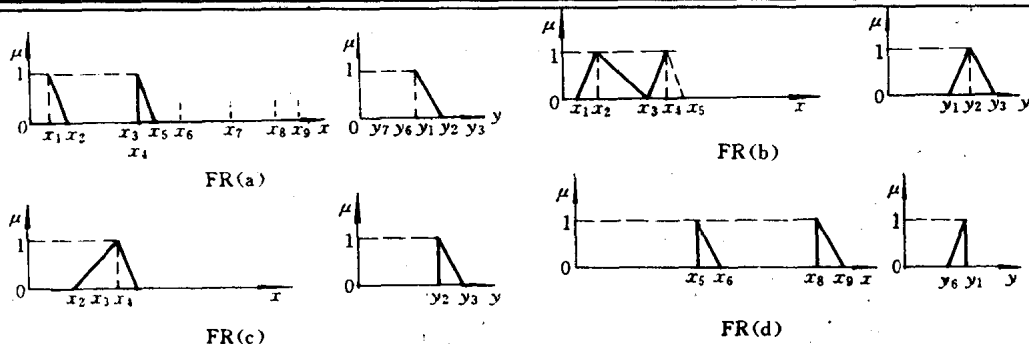


图 1.1-10 折线函数模糊推是模式化

$$x_i \in [x_1, x_2], x_j \in [x_4, x_5], y_k \in [y_1, y_2]$$

式(10)中, A_{11}, A_{12} 分别是 $[x_1, x_2]$ 和 $[x_4, x_5]$ 上的模糊集合; C_1 是 $[y_1, y_2]$ 上的模糊集合。比如设: $x_1=1, x_2=5, x_4=7, x_5=10, y_1=4, y_2=8$, 则 A_{11}, A_{12} 分别是 $[1, 5]$ 和 $[7, 10]$ 上的模糊集合, C_1 是 $[4, 8]$ 上的模糊集合。模糊集合的含义由隶属度函数值(三角形的形状)来决定(见图 1.1-11):

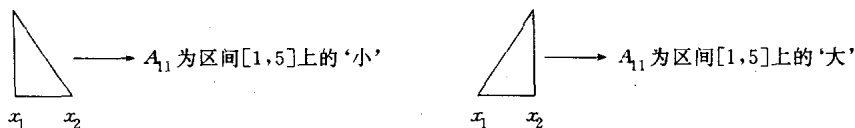


图 1.1-11 由隶属度函数值决定的模糊集合的含义

因此, 式(10)的模糊推理具有如下意义:

$$\text{if } x_i \text{ is "small" or } x_j \text{ is "small" then } y \text{ is "small"} \quad (11)$$

以此类推, 图 1.1-10 所示的各条推理都有适合于其决策目的的物理意义。

四、结 论

目前, 模糊控制的设计法基本上用的是语言控制方法, 但是现实生活中人们的不少复杂微妙的操作, 往往语言也无能为力。比如汽车在街角打弯时操作者细微的操作, 方向盘的转动和减速动作的微妙的时间合拍, 难以用语言来描述。这是眼、手、脚极其巧妙的配合, 即所谓人的技能。我们说“语言”这种来自人脑的“知”和“技能”这种来自人体的“技”是有本质上的区别的。之所以在文章的最后提到这一点, 是为了说明本研究的意义在于, 我们提案的方法既不仅可以进行语言控制, 更重要的是可以描述来自人体的“技”, 即把操作者使用的情报和他所输出的操作之间的关系通过模糊推理模式化, 模拟人的“知”和“技”的控制, 拓宽控制领域, 为实现模糊控制高度化提供一种算法。这种模糊控制高度化步骤可以用如下的框图来记述(见图 1.1-12)。

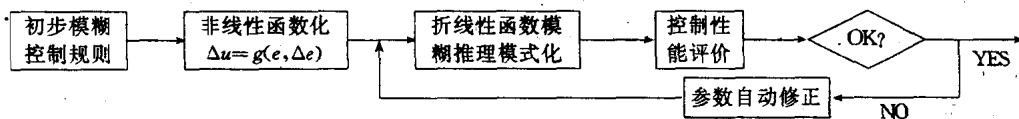


图 1.1-12 模糊控制高度化的记述

参考文献

- [1] Zadeh L A. Fuzzy algorithms. Information and Control, 1968,12:94~102
- [2] Mamdani E H. Applications of Fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. Proc IEEE,1974,121(12):1585~1588
- [3] 菅野. ファジィ制御. 東京:日刊工業新聞社,1988
- [4] 坂和. ファジィ多目的最適化問題とファジィ計画法. システムと制御,1990,32(8):447~454
- [5] 坂和. 対話型ファジィ線形計画法. コンピュートロール,1991(35):13~20
- [6] 韩,关口. ファジィ关系不等式の一解法. 日本ファジィ会,1992,4(4):122~133
- [7] 荒木,野村. ルールを逐次生成するファジィモリングの一提案. 日本ファジィ学会志,1992,4(4):134~144
- [8] 韩,关口. ファジィ数の行列要素を持つファジィ关系式逆問題解法. 日本ファジィ学会志,1995,7(2):311~321

摘自《同济大学学报》1996年第24卷第3期

1.2 基于规则的模糊似然推理

房育栋 余英林

(华南理工大学无线电与自动控制研究所 广州 510641)

一、介 绍

三段论是传统逻辑推理的重要内容,它的一般形式为

大前提: 若 u 是 A , 则 v 是 B

小前提: u 是 A

结 论: 则 v 是 B

其中结论正确当且仅当大前提和小前提都正确。若设大前提的真值为 T_1 , 小前提的真值为 T_2 , 则结论的真值为

$$T = T_1 \cap T_2 \quad (1)$$

实用中常采用它的近似推理形式, 称似然推理, 其中大前提如上, 小前提用 A 的近似条件 A' 表示, 推出的结论为 B 的近似结果 B' , 即

大前提: 若 u 是 A , 则 v 是 B

小前提: u 是 A'

结 论: 则 v 是 B'

(*)

在上述关系中, 若 A, B 表示的是模糊概念, 则称为模糊似然推理。

从函数关系来讲, 若设 A 的论域为 U , B 的论域为 V , 则 $A \rightarrow B$ 决定了论域 U 到论域 V 的一种映射关系:

$$R: U \rightarrow V \quad (2)$$

推论的过程就是由已知映射关系 R 和某个 u , 求 v 的过程, 即

$$v = R \circ u \quad (3)$$

其中 $\circ$ 表示合成运算。在这个过程中, 用不同的方法, 可构成许多不同的 R 关系, 得到不同的解 $R \circ u$ 。文献[7]列举了多种不同的构造方法。本文后面第二部分先介绍对 R 映射关系的一些限制, 然后再介绍一些推理方法的缺陷, 并证明映射 R 的连续性质。第三部分提出用改进型 3 阶神经网络来实现 R 的方法, 第四部分完善了该神经网络的模型和算法, 第五部分是实验结果。

二、近似推理的约束条件

近似是个模糊概念, 在模糊数学中常用贴进度来衡量。

定义 1 设 $A, B, C \in P(U)$, 其中 $P(U)$ 表示 U 上的模糊集的幂集:

攀登计划(模糊神经网络模型)资助项目。本文于 1994 年 12 月 23 日收到。1995 年 7 月 24 日收到修改稿。