

非线性系统分析

——扩展模糊自适应控制器设计

范永青 著



科学出版社

非线性系统分析

——扩展模糊自适应控制器设计

范永青 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

模糊逻辑系统是智能控制领域的一个重要分支。本书作者结合在该领域长期以来的研究工作,系统地阐述了当前模糊控制器设计研究领域中的关键技术问题、研究成果和状况。本书共14章,内容涉及模糊逻辑系统的构造、模糊逻辑系统的万能逼近性质、逼近性质满足的条件、自适应设计的特点、不同被控系统的设计方法、模糊自适应控制器设计的拓展和推广等。全书内容由浅入深,结合不同的实例分析,详细介绍了模糊自适应控制的相关理论及应用。

本书可作为模糊控制、控制理论与工程等相关专业研究生的教材,也可供模糊控制领域的相关科研工作者和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

非线性系统分析:扩展模糊自适应控制器设计 / 范永青著.

— 北京: 科学出版社, 2018.5

ISBN 978-7-03-057299-8

I. ①非… II. ①范… III. ①自适应控制器—设计 IV. ①TM571.642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 086980 号

责任编辑: 王 哲 赵鹏利 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 师艳茹 / 封面设计: 迷底书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

保定市中华美凯印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年5月第 一 版 开本: 720×1 000 1/16

2018年5月第一次印刷 印张: 11

字数: 216 000

定价: 69.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

随着现代科学技术的快速发展,针对非线性系统控制目的多样化问题,及几类非线性动态系统所表现的不同特点,如模型和测量误差的不精确性、动态系统中存在大量的未知不确定性、系统动态行为的多样性(如极限环、混沌等动态行为)及高标准性能要求,给出现代控制器的设计方法和相应的理论分析,已经成为目前国内外控制理论研究领域重要的研究课题。

系统本身的复杂性,使得控制目标存在多样性和不同目标之间存在矛盾,传统的控制方法通常要求被控对象必须满足某些特定的要求,如被控对象要满足量化,且量化参数之间的关系要满足微分方程或差分方程。这种传统的控制设计方法已经无法满足非线性系统日益复杂的性能要求,因此,智能控制在解决这样的复杂系统中被提出来。

智能控制是多个学科之间的交叉学科,是人工智能、认知、模糊集理论和生物控制论等多个学科相互发展、相互渗透、相互结合的学科。尽管智能控制的理论体系与经典控制理论相比,存在许多问题待补充和完善,但在多个学科的实际应用中已经取得了前所未有的可喜成绩,受到大量相关科研人员的广泛关注。其理论与应用领域将会不断被拓展与完善。模糊控制可以有效利用人类已掌握的知识实现对不确定被控对象的控制,因此模糊控制属于智能控制的范畴。模糊控制作为智能控制中的一个活跃分支,其控制方法的特点是以模糊集理论、模糊语言变量和模糊逻辑推理为基础,并将模糊数学应用在控制理论中。模糊控制可以有效利用人类专家的经验或知识。这些对信息的控制特性是传统定量的控制理论所不具备的,因此模糊控制的产生对智能控制的发展具有举足轻重的作用。虽然模糊控制在理论与工程实践中取得了巨大的发展,但是模糊控制的理论发展速度远不及模糊控制的应用发展速度,其主要原因之一是传统的控制理论制约着模糊控制理论的发展。因此,本书在传统的模糊逻辑系统的基础上做了进一步的探索,针对几类非线性动态系统的性能要求,提出一系列控制器设计方法。作为解决上述问题的一个尝试,在本书中,从计算的角度来看待模糊逻辑系统,此时模糊逻辑系统可以看作函数逼近器,不论模糊逻辑系统本身是否拥有规则,逼近精度是衡量其质量好坏的一个重要的定量指标。如果只将逼近精度作为在线估计调节的参数,那么所构造的自适应律就和模糊逻辑系统的内部逻辑构造无关,因而自适应律的数目就会大大减少。当然,仅靠逼近精度作为在线估计调节的参数还不能完全解决自适应控制的设计问题,本书的想法是在模糊逻辑系统输入-输出端引入适当的外部装置,这些装置带有可调的参数,

通过在线调节这些外部参数和逼近精度就有可能完成自适应控制的设计任务，由此提出几种新的扩展模糊逻辑系统，基于此，根据不同的控制任务设计出多种形式的控制器。衷心期望本书中的设计方法能为模糊控制理论的进一步发展起到推动的作用。

本书中所介绍的内容全部为作者近年来的研究成果，但还有许多问题需要进一步的完善与探讨，由于作者的研究水平有限，书中难免存在疏漏与不妥之处，真诚欢迎各位专家批评和指正。

本书得到国家自然科学基金青年项目“带有伸缩器和饱和器的模糊自适应控制设计研究”（项目编号：61305098）、“光纤陀螺偏振态耦合的热损伤机理与在线补偿控制研究”（项目编号：51405387）的资助。

作者

西安邮电大学

2018年3月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 非线性动态系统的研究背景与意义	1
1.1.1 非线性动态系统的特性与研究意义	1
1.1.2 非线性动态系统的研究背景	1
1.2 非线性动态系统的控制研究现状	2
1.2.1 模糊控制	3
1.2.2 自适应控制	3
1.3 非线性动态系统中的混沌现象	4
1.3.1 混沌系统的概念	4
1.3.2 混沌控制产生的背景	5
1.3.3 混沌控制的研究现状	6
1.4 主要内容与章节安排	6
参考文献	7
第 2 章 基本知识	11
2.1 扩展的模糊逻辑系统	11
2.1.1 扩展 T-S 型模糊逻辑系统	11
2.1.2 扩展 Mamdani 型模糊逻辑系统	13
2.1.3 适用于轨迹跟踪的扩展模糊逻辑系统	14
2.2 预备知识	15
参考文献	16
第 3 章 一类齐次性质的不确定性非线性系统模糊自适应镇定控制	17
3.1 系统描述与基本假定	17
3.2 主要结论	19
3.3 数值算例	24
3.4 本章小结	27
参考文献	28
第 4 章 一类不确定非线性系统的稳定与跟踪模糊自适应控制设计	30
4.1 不确定非线性系统的稳定控制器设计	30

4.1.1	系统描述与基本假设	30
4.1.2	主要结论	31
4.1.3	数值算例	37
4.2	一类不确定非线性系统的跟踪控制问题	40
4.2.1	问题描述	40
4.2.2	主要结论	41
4.2.3	数值算例	45
	参考文献	46
第 5 章	基于观测器的一类不确定非线性系统的模糊自适应控制	48
5.1	问题描述	48
5.2	主要结论	49
5.3	仿真算例	52
5.4	本章小结	54
	参考文献	54
第 6 章	基于反推法的 Arneodo 混沌系统的同步模糊自适应控制设计	55
6.1	系统描述与假设	55
6.2	控制器设计	56
6.3	数值仿真	60
6.4	本章小结	62
	参考文献	63
第 7 章	一类非线性系统的广义模糊双曲正切模型自适应控制器设计	64
7.1	预备知识与问题描述	64
7.2	系统描述与基本假设	66
7.3	主要结论	68
7.4	数值算例	71
7.5	本章小结	75
	参考文献	75
第 8 章	一类具有混沌现象的不确定非线性动态系统的模糊自适应同步控制	77
8.1	混沌系统驱动响应同步	78
8.2	主要结论	81
8.3	仿真算例	84
8.4	本章小结	87
	参考文献	87

第 9 章 一类具有混沌系统的自适应状态量化反馈镇定控制器设计	90
9.1 启发例子	91
9.2 设计量化控制器	94
9.3 仿真算例	98
9.4 本章小结	101
参考文献	101
第 10 章 Lur'e 混沌系统的自适应状态量化同步控制器设计	104
10.1 问题描述	105
10.2 量化自适应控制器设计	106
10.3 仿真算例	109
10.4 本章小结	111
参考文献	111
第 11 章 一类混沌系统的输入状态稳定控制器设计	114
11.1 预备知识与问题描述	114
11.2 ISS 控制器设计	116
11.3 仿真算例	120
11.4 本章小结	123
参考文献	123
第 12 章 基于输入到状态稳定的一类混沌系统的同步自适应控制器设计	125
12.1 问题描述	125
12.2 主要结论	126
12.3 仿真算例	130
12.4 本章小结	134
参考文献	135
第 13 章 带有混合时间时滞的不同混沌神经网络系统的投影同步自适应控制 设计	137
13.1 问题描述	137
13.2 投影同步自适应控制器设计	139
13.3 数值算例	141
13.4 本章小结	145
参考文献	145
第 14 章 一类不确定非线性离散系统的模糊自适应控制器设计	147
14.1 系统与预备知识	148

14.1.1 系统描述与假设	148
14.1.2 模糊逻辑系统	149
14.2 系统模糊自适应控制器设计	151
14.3 仿真算例	155
14.4 本章小结	159
参考文献	159
结束语	162
附录 符号说明	164

第1章 绪论

1.1 非线性动态系统的研究背景与意义

1.1.1 非线性动态系统的特性与研究意义

随着人类社会经济和科学技术的发展进步,日新月异的科学技术需求对控制理论提出了更高的要求^[1-5]。控制理论研究的对象越来越复杂,由此产生了多种多样的控制设计思想和方法。其中,依据系统数学模型的不同特点进行相应的控制设计是目前控制理论研究领域的一个重要研究方面。该研究方面的主要优势是可以借助于合适的数学工具、依据严谨的推理合成被控系统的控制器。系统结构的复杂性经常导致其数学模型的不精确性,因此仅仅借助于系统精确数学模型进行控制,难以解决复杂非线性动态系统的控制问题。这意味着在存在不确定性的情况下讨论非线性动态系统的控制问题是非常必要的。

1.1.2 非线性动态系统的研究背景

在实际工程领域中,很多系统可以用高维非线性模型来描述,如力学、航空航天、机械工程系统等,这些系统都具有较高的状态维数。如果这些系统处在非线性耦合的情形,当受到外部的影响时,这些高维系统将表现出模态作用、能量转移、跳跃现象、多脉冲混沌运动等更为复杂的非线性动力学行为。这就导致系统稳定过程中计算量增大,继而出现时间延长现象,在某些特殊情况下,使得系统发生失控现象。因此从控制理论的角度来研究如何对这些高维复杂行为的动态系统实施控制并使其稳定是一个非常有意义的研究课题。另外,在机器人控制、卫星的定位与姿态的控制、精密机床的运动控制等领域,这些系统具有很强的不确定非线性特征。对这类非线性动态系统的控制研究主要体现在如何处理被控系统非线性项、不确定性,以及如何设计较强的鲁棒性能等方面。

由于以上这些系统很难得到系统的精确模型,在这种情况下需要探索一些不同于传统控制方法的设计思想。因此,带有非线性、不确定性的动态系统的控制问题日益成为控制理论的一个研究热点。总而言之,具有高维非线性、强耦合和不确定性的复杂动态系统控制研究是目前国内外控制理论领域的前沿课题,研究结果不仅具有重要的理论意义,而且具有重要的工程实践意义。

1.2 非线性动态系统的控制研究现状

一般认为,借助于 Lyapunov 近似线性化方法,线性系统控制理论能够解决低维数、弱耦合的非线性系统的局部控制问题,而对于高维数、强耦合和强非线性的复杂动态系统控制问题难以奏效。因此,近几十年来,复杂非线性动态系统的控制方法研究一直是控制理论研究领域的一个重要研究方面。根据复杂非线性动态系统的特点,目前主要形成以下控制设计方法。

1. 自适应控制方法

该方法的主要特点是:当系统模型中存在不确定(未知)参数或者不确定项的范数上界表现为未知参数时,可以通过设计这些参数估计值的自适应律,利用估计值设计相应的控制器。目前,针对未知参数为常数情形时的自适应控制设计方法比较成熟,有相应的数学推理依据。而对于系统模型中不确定性不能表现为常参数情形,该方法还需要进一步的研究发展。

2. 滑模变结构控制方法

该方法的主要特点是:当系统模型中存在不确定项时,可以通过设计合适的滑模面,利用不确定项的上界函数合成相应的控制器。该方法的主要缺点是系统控制过程往往会产生“抖振”现象。消除或者减弱“抖振”现象是利用该方法解决工程问题的一个重要前提。

3. 精确线性化控制方法

该方法的主要特点是:当系统模型中存在非线性项时,可以通过状态的坐标变换和反馈作用将该系统完全或者部分线性化,然后再结合线性系统控制设计方法或者其他方法完成控制设计。该方法的主要缺点是需要检测系统的全部状态,并且检验和构造相应的坐标变换比较困难。

4. Backstepping 控制方法

该方法的主要特点是:当系统模型能够表现为类上三角形(严格反馈形式)时,结合 Lyapunov 直接方法,通过一种反步递推的方法逐步设计相应的控制器。该方法的主要缺点是高维系统的控制器表示复杂,控制运行时间长。

5. 智能控制方法

目前智能控制方法呈现多样化,模糊控制方法是其中相对比较典型且成熟的控制方法。该方法的主要特点是:当系统模型中存在不确定项时,利用模糊逻辑系统

逼近相应的不确定项而获取相应的信息,利用这些信息构造相应的控制器。目前,结合自适应控制方法而产生的模糊自适应控制方法相对比较成熟。该方法的主要缺点是对于高维数系统,相应的模糊逻辑系统的规则数急剧增加,从而造成“维数”灾难,加大了控制过程时间,容易造成系统失稳。

6. 结合控制方法

将前面介绍的主要方法进行合适的结合可以产生更有效的控制设计方法。例如,将滑模变结构控制方法与自适应控制方法相结合产生“自适应滑模变结构控制方法”;将模糊控制方法与滑模变结构控制方法相结合产生“模糊滑模变结构控制方法”等。

值得注意的是,关于非线性动态系统的控制方法并不仅限于上述六种方法。下面仅就本书中所用到的主要控制方法的国内外研究现状作一个简要的介绍。

1.2.1 模糊控制

在20世纪60年代末70年代初,Zadeh提出关于模糊理论的基本概念。基于这些有关模糊理论的基本概念,1975年,Mamdani和Assilian创立了模糊控制器的基本框架,并将模糊控制用在控制蒸汽机上^[6],他们发现模糊控制器非常易于构造且运作效果较好。由于模糊控制是一种基于规则的控制,直接采用语言型控制规则,以现场操作人员的控制经验或相关专家的知识为根据,因此,在设计过程中不需要建立被控对象的精确数学模型。

在最近几十年,模糊控制已经成为控制理论领域中不可缺少的一部分,尤其在其应用领域有更多的辉煌成果^[7-11]。与其他形式的控制相比,模糊控制具有如下几方面的优点。

(1) 这种方法是基于专家语言的规则,易于接受与理解,设计简单,便于应用。

(2) 模糊控制比较容易建立语言控制规则,因此对数学模型难以获取、动态特性不易掌握或变化非常显著的对象非常适用。

(3) 一个系统语言控制规则具有相对的独立性,利用控制规律间的模糊连接,容易找到折中的选择,使控制效果优于常规控制器。

(4) 有利于模拟人工控制的过程和方法,增强控制系统的适应能力,使之具有一定的智能水平。

(5) 模糊控制系统具有较强的鲁棒性能,干扰和参数变化对控制效果的影响很弱,尤其适合于非线性、时变及纯滞后系统的控制。

1.2.2 自适应控制

在进行控制器设计时,实际系统中普遍存在着不确定性,这种不确定性主要体

现在^[12]：系统数学模型与实际系统间的差异；系统本身的结构和参数是未知的或者是时变的；系统扰动一般是随机的，且不可测量；控制对象的特性随时间或工作环境变化而改变，且这种变化规律难以事先知道。因此在 20 世纪 50 年代，在研究高性能飞行器自动驾驶仪的设计时，提出了自适应控制这一方法^[13]。顾名思义，自适应控制器就是能修正自己的特性以适应对象和扰动的动态特性变化。自适应控制的基本目标是当控制对象存在不确定性或者参数存在未知变化时，仍可以保持可靠的系统性能。在许多工业领域中，常常伴有参数的不确定性和参数的变化，如机器人操纵、电力系统、飞行器控制、船舶驾驶、生物医药工程等。为了应付不可避免的参数变化和参数不确定性，就需要采用自适应控制来实现控制过程。

从自适应控制的工作机理和作用来看，自适应控制可以定义为^[14]：通过测量输入/输出信息，实时地掌握被控对象和系统误差的动态特性，并根据其变化情况及时调节控制量，使系统的控制性能最优，或满足要求。

自适应控制也是一种反馈控制，具有在线学习的功能，因此它具有鲁棒性能。自适应控制的优点主要体现在两个方面：①能不断测量和监督被控对象与系统的变化，通过实时掌握变化信息来降低不确定性带来的风险；②可以及时调整控制器，使得控制量的变化能自动适应对象的变化或者减少误差。由自适应控制的这两个特点继而可以维持控制性能最优或者次优。因此，由以上分析可知，自适应控制与一般的反馈控制相比，性能有了很大的提高。

在处理复杂动态系统中的不确定非线性项时，模糊自适应控制方法在最近十几年成了一个很活跃的研究课题，并取得了大量的成果^[6,15-21]。但是这些方法还存在一定的局限性，有待于进一步讨论研究。

1.3 非线性动态系统中的混沌现象

1.3.1 混沌系统的概念

混沌是复杂动态系统的某种特殊动态行为表现。目前，在国内外学术界，还没有一个准确合理的科学概念来解释什么是混沌系统。一般认为，混沌系统具有如下共同特点。

(1) 混沌系统对初值条件敏感。对于存在内在随机性的混沌系统来说，由两个接近的初始值出发的两条轨线在较长一段时间演化后，它们之间的距离可能变得非常远，这就是所谓的“失之毫厘，谬以千里”。“蝴蝶效应”就是混沌系统对初值极为敏感的一种依赖现象，是混沌理论的一个重要特征。另外，如果混沌系统中的参数发生了变动或扰动，系统就会表现得特别敏感，无论这种变动和扰动有多小，在经过一定的时间后，系统平衡点的稳定性都会因响应发生变化，从而导致系统将处

于不同的状态。因此，混沌系统中任何系统噪声和观测误差带来的初始值误差，都会对混沌系统产生极大的影响^[22]。由于混沌系统具有轨道的不稳定性和对初始条件的敏感性特点，所以不可能长期预测在将来某一时刻的动力学特性。

(2) 混沌系统具有轨道不稳定性和分岔性质。混沌系统会随某组参数或者某个参数的变化而变化，因此，学者把这组参数或这个参数称为分岔点。在这个分岔点，如果参数发生微小的变化，则系统就会产生不同的动力学行为。因此，系统在分岔点处结构是不稳定的。

(3) 混沌系统具有遍历性。混沌运动轨迹局限在一个确定的区域，这个区域称为混沌吸引域。在混沌吸引域中，混沌运动轨迹从数学的角度看表现为稠密的性质，所以混沌轨道经过混沌区域内的每一个状态点。

(4) 混沌系统具有普适性。混沌的普适性就是系统在趋于混沌的时候所表现出的共同特性，主要分两种形式：①结构普适性，在趋于混沌过程中，混沌轨线的分岔情况和定量特性只和系统的数学结构有关；②测度普适性，同一映像或迭代的结构形态仅和非线性函数展开的幂次有关，因此，在不同测度层次之间所呈现的结构相同。

对于各种实验和计算机模拟所发现的非线性系统而言，如果系统的维数高于二维，其轨道经常伴有混沌性质^[23-25]。其中用偏微分方程描述的系统、代数-微分混杂系统、常微-偏微混杂系统等都属于高维复杂系统的范畴。另外，混沌系统的复杂动力学行为不局限在一般的时间混沌上，还出现在其他空间上，如时间超混沌、空间混沌和时空混沌等^[25]。

1.3.2 混沌控制产生的背景

混沌是非线性动态系统特有的一种运动形式，广泛存在于自然科学和社会科学的各个领域。产生混沌现象的根本原因在于运动方程具有非线性性质。复杂动态系统中的非线性、无序、不稳定等这些特征演化了非常奇特的运动机理，混沌就是这些特征的典型代表。混沌现象的研究已经形成了一门新的学科，研究领域涉及数学、物理学、天文学、化学、经济学、生物学及工程技术等诸多学科。长期以来，人类的工作实践经验认为在某些条件下，这种混沌现象对动力系统的运动是有害的^[25]，因此，人们想办法使得系统避免产生混沌现象。然而人们发现混沌在某些环境下是非常有用和自然的，这时候，人类试图用控制技术将混沌现象应用到实际生产和生活中^[24,25]。

混沌系统对扰动、初始条件及参数的变化具有极为敏感的特性，因此，如何有效地控制混沌引起了控制领域科研人员的广泛关注，这种关注也给控制理论的发展带来了新的挑战。从20世纪60年代到80年代末，有关混沌控制的发展还处在一个较慢的时期。其中，Pettini 和 Fowler 发表的几篇文章对混沌控制的可能性进行了分析探讨^[26,27]，然而很多学者认为混沌都是不可控的。1990年，Ott、Grebogi 和 Yorke

提出了一种比较系统和严密的参数微扰方法^[28]（后来人们简称为 OGY 方法）。在同一年中，美国海军研究实验室提出混沌同步原理并在电子线路上首次实验成功^[29]，从此揭开了混沌控制的序幕。近几年，随着科学技术的进步与快速发展，混沌控制理论的研究也进入了一个新的发展阶段。

1.3.3 混沌控制的研究现状

混沌控制一般包含两个方面的含义：其一，如何采用混沌控制达到应用的目的，也就是说考虑如何利用混沌有利的一面；其二，当混沌现象对人类有害时，考虑如何采用混沌控制使得混沌现象消失。随着对混沌现象研究的深入，混沌控制的应用越来越受到人们的关注。到目前为止，混沌控制已经应用于航天技术、雷达通信、激光和信息处理等复杂的系统中。已经有许多关于混沌控制的方法相继被提出并在实际问题中得到应用，如自适应控制方法^[30,31]、反馈控制方法^[32,33]、分散最优控制方法^[34]、周期方法^[35,36]等。

混沌信号具有宽频带、复杂性、正交性等优良的特点，因此在保密通信中混沌信号有着重要的意义。Pecora 和 Carroll 提出了混沌同步的概念和方法^[37,38]，这里的混沌同步实际上就是混沌控制的一个特殊问题，该方法已经应用于保密通信领域，并且这些应用已经在非线性混沌电路的控制实验中得到了证实^[39,40]。另外，混沌同步控制与混沌控制密切相关，且具有相同的数学基础^[39]。近二十多年来，混沌系统的驱动响应同步引起了国内外许多学者的注意，研究领域已经扩展至应用化学反应、生物系统和保密通信等^[41,42]。除此之外，在其他一些领域，混沌控制的重要性也受到了特别的关注，如医学神经癫狂^[43-45]和物理激光器干扰^[46]等。混沌系统的驱动响应同步意味着通过在响应系统上增加控制策略，驱动系统和响应系统之间的动态行为经过短暂的时间可以渐近趋于一致。如果驱动系统和响应系统的数学模型可以表示为常微分方程的形式，则驱动响应同步就和控制理论中的观测器相似^[39,47]，这就意味着一些控制理论中的数学方法可以用来设计驱动响应同步控制。各种各样的控制方法，如 PID 控制、自适应控制、最优控制、非线性控制等在混沌控制问题中取得了卓有成效的发展^[42]。虽然这些已有的成果为混沌控制理论领域的研究开辟了新的研究方案和理论认识，但目前混沌控制还处在一个初始发展阶段。在工程实际中，有相当多的问题还没有解决，需要进行更深的探索与研究。例如，在采用自适应控制方法中，自适应参数的多少成为了算法好与坏的判断标准。另外，由于混沌系统对参数具有极强的敏感性，因此在实际工程中，对混沌系统采用状态反馈控制时，可能会对混沌系统产生影响。由此可知，混沌理论中还有很多尚未解决的问题都需要继续进行研究。

1.4 主要内容与章节安排

本书利用控制理论中的模糊自适应控制器设计、量化控制器设计及离散控制器

设计等思想,对不同的非线性动态系统模型进行一系列的探索研究。全书共14章,具体的结构内容安排如下。

第1章:绪论。

第2章:介绍本书中的基础知识。

第3章:对一类具有齐次性质的不确定复杂动态系统,以T-S型模糊逻辑系统为例,设计一种非线性模糊自适应控制器。

第4章:对一类满足Lipschitz条件的不确定非线性动态系统,用带有伸缩因子的扩展模糊逻辑系统设计模糊自适应镇定控制器。且对带有外部干扰的不确定非线性复杂动态系统,设计模糊自适应跟踪控制器,使得系统的输出信号能以有界的误差跟踪参考信号。

第5章:对于状态变量不完全可测的非线性系统,首先设计观测器观测出系统的状态,然后利用模糊自适应控制技术来设计控制器。

第6章:利用反推法对Arneodo混沌系统的驱动响应系统同步控制问题,提出一种扩展模糊逻辑系统控制器设计方法。

第7章:设计一类非线性系统的广义模糊双曲正切模型自适应控制器。

第8章:讨论一类具有外界干扰的混沌系统,针对主从系统的同步问题,提出一种模糊自适应控制器设计方法。

第9章:讨论一类具有混沌现象的非线性动态系统,采用可变状态量化反馈控制器,使得系统在控制器的作用下,能很好地达到稳定效果。

第10章:对Lur'e混沌系统的驱动响应同步控制,给出一种自适应量化控制器设计方案。

第11章:针对一类混沌系统平衡点的稳定控制问题,采用输入到状态稳定控制器设计方法,给出一种自适应控制器设计方案。

第12章:针对一类混沌系统驱动响应同步控制问题,采用输入到状态稳定控制器设计方法,给出一种非线性自适应控制器设计方案。

第13章:对带有混合时间时滞的不同混沌神经网络系统的投影同步控制器设计问题,提出一种自适应控制器设计思想。

第14章:对一类不确定非线性离散系统的跟踪控制,给出一种模糊自适应控制器设计方案。

最后,在总结全书的基础上,提出有待进一步研究和解决的问题。

参 考 文 献

- [1] Levis A H, Marcus S I, Perkins W R, et al. Challenges to control: A collective view. IEEE Transactions on Automatic Control, 1987, 32: 274-285.

- [2] 达庆利, 何建敏. 大系统理论与方法. 南京: 东南大学出版社, 1989.
- [3] 黄琳, 秦化淑, 郑应平, 等. 复杂控制系统理论: 构想与前景. 自动化学报, 1993, 19: 129-137.
- [4] Benveniste A, Astrom K J. Meeting the challenge of computer science in the industrial application of control: An introductory discussion to the special issue. Automatica, 1993, 29: 1169-1175.
- [5] 王其藩. 高级系统动力学. 北京: 清华大学出版社, 1995.
- [6] Mamdani E H, Assilian S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. International Journal of Man-Machine Studies, 1975, 7: 1-13.
- [7] Alturki F A, Abdennour A. Design and simplification of adaptive neuro-fuzzy inference controllers for power plants. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 1999, 21: 465-474.
- [8] Garduno-Ramirez R, Lee K Y. Wide range operation of a power unit via feedforward fuzzy control thermal power plants. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2000, 15: 421-426.
- [9] 栾秀春, 李士勇, 张宇. 单元机组的 T-S 模糊协调控制系统及其 LMI 分析. 中国电机工程学报, 2005, 25: 91-95.
- [10] 王庆利, 王丹, 井元伟. 基于模糊解耦的火电单元机组负荷控制. 控制与决策, 2006, 21: 435-439.
- [11] 吴敏, 周国雄, 雷琪, 等. 多座不对称焦炉气管压力模糊解耦控制. 控制理论与应用, 2010, 27: 94-98.
- [12] 刘兴堂. 应用自适应控制. 西安: 西北工业大学出版社, 2003.
- [13] Slotine J J E, Li W. 应用非线性控制. 程代展译. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [14] 徐湘元. 自适应控制理论与应用. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [15] Wang L X. Stable adaptive fuzzy control of nonlinear systems. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 1993, 1: 146-155.
- [16] Tong S C, Li Q G, Chai T Y. Fuzzy adaptive control for a class of nonlinear systems. Fuzzy Sets and Systems, 1999, 101: 31-39.
- [17] Chai T Y, Tong S C. Fuzzy direct adaptive control for a class of nonlinear systems. Fuzzy Sets and Systems, 1999, 103: 379-387.
- [18] Tang Y Z, Zhang N Y, Li Y D. Stable fuzzy adaptive control for a class of nonlinear systems. Fuzzy Sets and Systems, 1999, 104: 279-288.
- [19] Koo T J. Stable model reference adaptive fuzzy control of a class of nonlinear systems. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2001, 9: 624-636.
- [20] Li H X, Miao Z H, Lee E S. Variable universe stable adaptive fuzzy control of a nonlinear system. Computers and Mathematics with Applications, 2002, 44: 799-815.