

基于人工神经网络的自动控制系统

郝梓倩, 陈贻焕, 李廷军, 姜忠山, 李 政

(海军航空工程学院 山东 烟台 264001)

摘 要: 对人工神经网络的基本模型进行了概述, 介绍了神经网络控制的基本原理及其特性, 指出神经网络控制是一种不依赖于精确数学模型的自动控制系统, 研究了他在对高难度、不确定、非线性对象实现自动控制时的优势。然后又对人工神经网络在系统辨识、系统控制以及控制系统的故障诊断等自动控制领域的应用进行了研究。

关键词: 人工神经网络; 自动控制; 神经网络控制; 故障诊断

中图分类号: TP183

文献标识码: B

文章编号: 1004-373X(2006)02-009-03

Application of ANN in Automatic Control System

HAO Ziqian, CHEN Yihuan, LI Tingjun, JIANG Zhongshan, LI Zheng

(Naval Aeronautical Engineering Institute, Yantai, 264001, China)

Abstract: This paper summarizes the basic model of the Artificial Neural Network (ANN), and introduces the character and the principle of the neural control. Neural control is a kind of the automatic control system, and it doesn't depend on accurate mathematic model. In this paper you can see its advantage, when it automatic controls the object with high difficulty, uncertainty and non-linearity. Then the application of ANN in the field of automatic control is studied, such as system identification, system control and fault diagnosis in control system.

Keywords: artificial neural network; automatic control; neural control; fault diagnosis

人工神经网络是指模拟人脑神经系统的结构和功能, 运用大量的处理部件, 由人工方式构造的网络系统。其信息处理由人工神经元间的相互作用来实现, 由连接权来传递, 具有学习能力、自适应性、连接强度的可变性。

人工神经网络理论突破了传统的、线性处理的数字电子计算机的局限, 是一个非线性动力学系统, 并以分布式存储和并行协同处理为特色, 虽然单个神经元的结构和功能极其简单有限, 但是大量的神经元构成的网络系统所实现的行为却是极其丰富多彩的。

人工神经网络的应用已渗透到自动控制的各个方面, 包括系统辨识、系统控制、优化计算以及控制系统的故障诊断和容错控制等。

1 神经网络的基本模型

人工神经网络是由大量神经元广泛互连形成的网络, 其模型如图1所示。根据连接方式不同可分为没有反馈的前向网络(如图2)、回归网络(如图3)和互联网络(如图4)。

前向网络由输入层、中间层(隐层)和输出层组成, 中间层可有若干层。网络中每一层的神经元只接受前一层的输出, 相隔的层间无连接, 方向由入到出。回归网络的内部向前, 输出反馈到输入。而互联网络中任意神经元

都可能连接, 因此, 输入信号要在神经元之间反复往返传递, 就要从某一初始状态开始, 经过若干次的变化渐渐趋于某一稳态或进入周期振荡的其他状态。

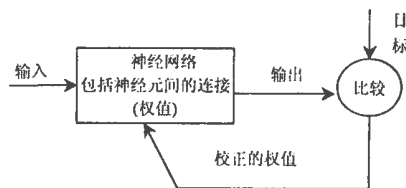


图1 神经网络模型

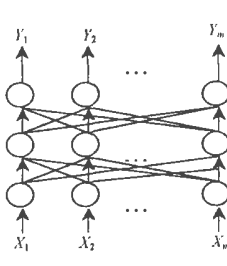


图2 前向网络

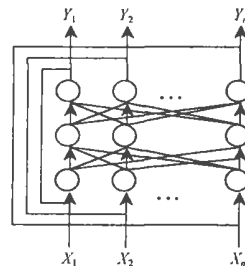


图3 回归网络

各神经元之间的连接强度是由神经网络内部加权系数决定的。一个神经网络结构确定以后, 若给定一组样本集合(输入/输出数据和输出期望值), 通过神经网络在线学习, 不断修改加权系数大小, 可使网络的输出接近或达到期望值。神经网络具有仿人类的学习、记忆、修改功能,

类似于人脑神经网络, 将这种特性应用于各类控制系统中, 能使系统具有较高的智能行为, 从而实现神经网络自动控制。

2 神经网络控制的基本原理

经典控制理论和现代控制理论都是建立在控制对象精确模型上的控制理论, 而实际生产系统中的控制对象和过程大多具有非线性、时变性、变结构、不确定性、多层次、多因素等特点, 难以建立精确的数学模型, 神经网络控制系统则是不依赖于精确数学模型的智能控制系统。图 5 为神经网络控制原理图。

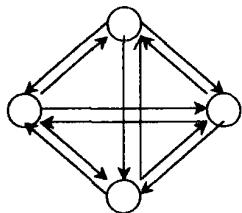


图 4 互连网络

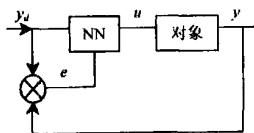


图 5 神经网络控制原理图

设被控对象的输入 u 与系统输出 y 之间满足非线性函数关系 $y = g(u)$, 由于控制的目的是确定最佳的控制量输入 u , 使系统的实际输出 y 等于输出期望值 y_d , 所以在该系统中, 可把神经网络的功能看作输入 / 输出的某种映射, 或称函数变换, 并设其函数关系为 $u = f(y_d)$ 。由 $u = g[f(g_d)]$ 可知, 当 $f(\cdot) = g^{-1}(\cdot)$ 时, $y = y_d$ 。

由于采用神经网络控制的被控对象一般情况下是复杂的, 且多具有不确定性, 因此非线性函数 $g(\cdot)$ 是难以建立的, 但可以利用神经网络逼近非线性函数的特性来模拟 $g^{-1}(\cdot)$ 。尽管 $g(\cdot)$ 的形式未知, 但可通过系统的实际输出 y 与期望输出 y_d 之间的误差来调整神经网络中的连接权重, 即让神经网络学习直至误差 $e = y_d - y \rightarrow 0$ 。这是神经网络模拟 $g^{-1}(\cdot)$ 的过程, 也是对被控对象的一种求逆过程, 由神经网络的学习算法实现这一求逆过程, 就是神经网络实现直接控制的基本原理。

3 神经网络控制的特点

神经网络控制是指在控制系统中, 采用神经网络这一工具, 对难以精确描述的非线性对象进行建模, 或充当控制器, 或优化计算, 或进行推理, 或故障诊断, 或同时兼有上述某些功能, 这样的系统称为基于神经网络的控制系统, 这种控制方式为神经网络控制。

神经网络在自动控制上应用的吸引力主要在于:

- (1) 能以任意精度逼近任意连续非线性函数;
- (2) 对复杂不确定问题具有自适应和自学习能力;
- (3) 的信息处理的并行机制可以解决控制系统中大规模实时计算问题, 而且并行机制中的冗余性可以使控制系统具有很强的容错能力;

(4) 具有很强的信息综合能力, 能同时处理定量和定

性的信息, 能很好地协调多种输入信息关系, 适用于多信息融合和多媒体技术;

(5) 神经计算可以解决许多自动控制计算问题, 如优化计算和矩阵代数计算等;

(6) 便于用 VLSI 和光学集成系统或用现有计算机技术虚拟实现。

人工神经网络的上述特点, 为解决困扰自控界的高难度、高设计目标且带有很大不确定性系统的许多控制, 及高度非线性问题提供了一个有力的工具, 引起了自控界的广泛关注。他的应用已渗透到自动控制领域的各方面, 并展现了较好的应用前景。

4 神经网络在自动控制系统中的应用

在自动控制领域中, 应用最多的是 BP 网络、Hopfield 网络、自组织神经网络、动态递归网络、联想记忆网络、Adaline 网络等。人工神经网络在自动控制系统中的应用被看作是控制理论应用与发展的新的挑战。

4.1 系统辨识

系统辨识是控制理论研究的一个重要分支, 他是控制系统设计的基础, 在利用控制理论去解决实际问题时, 首先必须建立被控对象的数学模型, 这是控制理论能否成功地用于实际的关键之一。神经网络系统辨识实质上是选择一个适当的神经网络模型来逼近实际系统。由于神经网络对非线性函数具有任意逼近和自学习能力, 所以神经网络系统辨识对非线性系统的辨识提供了一种简单有效的一般性方法, 神经网络对系统进行辨识是通过直接学习系统的输入 / 输出数据, 学习的目的是使所要求的误差函数达到最小, 从而归纳出隐含在系统输入 / 输出数据中的关系, 只要神经网络的输出能够逼近同样输入信号激励的输出, 则认为神经网络已充分体现实际系统特性, 完成对原系统的辨识。

4.2 系统控制

4.2.1 神经网络与模糊系统相结合的控制系统

模糊系统和神经网络都属于一种数值化和非数学模型的函数估计器和动力学系统, 他们都以一种不精确的方式处理不精确的信息。模糊系统引入了“隶属度”的概念, 是规则数值化, 从而可直接处理结构化知识。神经网络则一般不能直接处理结构化的知识, 他需用大量的训练数据, 通过自学习过程, 并借助并行分布结构来估计输入 / 输出间的映射关系。神经网络与模糊系统的结合, 弥补了模糊系统的规则集和隶属函数等设计参数只能靠经验来选择, 难以自动设计和调整的不足, 使模糊系统的自学习与自适应功能得以实现。

4.2.2 神经网络与专家控制系统相结合的控制系统

专家控制系统是一种基于知识的控制, 通过对知识的处理产生控制决策, 完成控制任务。但是其知识获取的困

难使其发展受到了很大的限制。神经网络的自学习能力、自组织记忆能力和并行处理能力为专家控制系统的发展开辟了新的途径。神经网络在知识获取的过程中,只要求专家提供范例及相应的解,就能通过特定的学习算法对样本进行学习,通过网络内部自适应算法不断修改连接权值分布以达到要求,并把专家求解实际问题的启发式知识和经验分布到网络的互连及权值的分布上。如果输入偏离学习样本,输出也会接近学习样本的输出模式,这使得神经网络专家控制系统具有联想记忆的能力。

4.2.3 神经网络与PID控制相结合的控制系统

PID控制对于复杂、非线性、难以建模的对象很难达到控制要求,要取得较好的控制效果,就必须对比例、积分、微分参数进行调整。通过神经网络与PID控制的结合,利用神经网络的自学习特性和逼近任意非线性函数的特点,实时地优化PID参数。PID神经网络具有收敛速度快、超调小、无静差等特点。

4.2.4 神经网络与遗传算法相结合的控制系统

遗传算法的基本思想是基于Darwin的进化论和Mendel的遗传学说。通过“适者生存,不适者淘汰”的进化机制,经过“生成—评价—选择—操作”的进化过程反复进行,直到搜索到最优解为止。神经网络结构中研究和应用最多的多层前向网络,在存在较多局部极小情况下很容易陷入局部极小点。而遗传算法具有的全局优化算法,具有本质的并行计算特点,在其世代更替中可以并行地对参数空间不同区域进行搜索,并使得搜索朝着更有可能找到全局最优的方向进行而不至于陷入局部最小。因此,神经网络与遗传算法的结合使前向网络摆脱了陷入局部最小点的困扰。

4.2.5 神经网络与粗糙集相结合的控制系统

粗糙集理论是一种刻画不完整性和不确定性的数学工具,能有效地分析和处理各种不完备信息,并从其中发现隐含知识,揭示潜在的规律。将粗糙集与神经网络相结合,以简化神经网络训练样本数据集,并在保留重要信息的前提下消除多余的数据,可提高训练速度,增强神经网络的信息处理能力。

4.2.6 神经网络自控制系统

当系统模型参数发生变化时,神经网络对系统模型参数进行在线估计,再将估计参数传送到控制器进而对系统

进行控制,即为神经网络的自适应控制。

4.3 系统的故障诊断

人工神经元网络由于能够大规模并行处理、分布式存储信息且具有自适应学习能力,因此是一种能快速处理信息、鲁棒性强大、智能的故障诊断方法。更为重要的是人工神经网络能够有效地实现输入到输出的非线性映射。由于大部分自动控制系统都是非线性系统,而且难以建模,用本身就是非线性映射的人工神经网络来模拟难以建模的非线性系统恰好解决了这一难题。人工神经网络应用于故障诊断的优点在于:故障诊断的实时性比较好;具有滤出噪声及在有噪声的情况下得出正确结论的能力;具有分辨原因及故障类型的能力;在出现新颖故障时,可通过自学习,不断调整权值和阈值以提高检测率,降低误报、漏报率等。

5 结 语

人工神经网络在自动控制系统中的应用有着非常广阔的前景,他已广泛应用到自动控制系统中。但我们也要看到,由于人们对生物神经系统的研究与了解还很少,因此神经网络模型无论从结构还是网络规模,都是真实神经网络的极简单的模拟,因此人工神经网络如要发展到像经典控制理论那样成熟,还有待于非线性理论的发展为非线性系统的建模和控制提供比较成熟的理论分析方法和设计方法。

参 考 文 献

- [1] 徐丽娜.神经网络控制[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1996
- [2] 胡守仁,余少波,戴葵,等.神经网络导论[M].北京:国防科技大学出版社,1993
- [3] 胡守仁.神经网络应用技术[M].北京:国防科技大学出版社,1993
- [4] 李江.神经—模糊预测控制算法及应用[J].浙江大学学报,2002,36(2):123-126.
- [5] 舒怀林.PID神经网络控制系统分析[J].自动化学报,1999,25(1):105-111.
- [6] 王国军,陈松乔.自动控制理论发展综述[J].微型机与应用,2000,19(6):4-7.
- [7] 郝小星.神经网络在自动控制中的应用[J].科技情报开发与经济,2003,13(1):101-102,104

中芯国际将使用 SAIFUN NROM 开发闪存卡

中芯国际近日宣布,公司已经于以色列赛芬半导体有限公司(Saifun Semiconductors Ltd.)达成协议,根据此协议,中芯国际将使用SAIFUN NROM(R)技术来开发和制造闪存卡。

对此,中芯国际首席运营官Marco Mora表示:

“中芯国际已经认识到闪存卡市场将成为公司未来成功的一大重要推动因素。我们坚信,赛芬领先的存储技术以及我们的生产能力相结合后,将一定能够向市场推出极具竞争力的产品”。

(摘自中电网)