

文章编号: 1007-130X(2008)04-0156-03

基于神经网络专家系统的研究与实现*

Research and Implementation of an Expert System Based on Neural Networks

张绍兵¹, 季庆浮², 高志军¹

ZHANG Shao-bing¹, Ji Yan-fu², GAO Zhi-jun¹

(1. 黑龙江科技学院计算机与信息工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150027;

2. 黑龙江科技学院电气与信息工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150027)

(1. School of Computer and Information Engineering, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027;

2. School of Electronics and Information Engineering, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China)

摘要: 针对传统专家系统推理能力弱和智能水平低等不足, 本文采用神经网络方法解决了传统专家系统在知识表示和知识获取等方面的问题。本文从描述传统专家系统几点不足出发, 详细阐述了神经网络专家系统的基本原理和框架结构, 最后选取三层BP神经网络模型, 给出了钻井故障诊断系统的神经网络专家系统的实现。

Abstract: In allusion to the insufficiencies such as the weak inference capability and low intelligence level of traditional expert systems, this paper solves the questions of knowledge representation and knowledge acquisition of traditional expert systems based on neural networks. The paper begins with the several insufficiencies of traditional expert systems, expatiates on the fundamental theory and the framework of expert systems based on neural networks, and finally gives the implementation of a fault-diagnosis system for artesian wells by selecting a three-layer BP neural network model.

关键词: 神经网络; 专家系统; 知识表示; 知识获取; 推理

Key words: neural network; expert system; knowledge representation; knowledge acquisition; inference

中图分类号: TP182

文献标识码: A

1 引言

专家系统是具有大量专门知识,并能运用这些知识解决特定领域中实际问题的计算机程序系统,但传统的专家系统依然存在一些难以克服的缺点。随着需解决问题复杂性的提升,人们提出了一种神经网络集成的技术,将神经网络与专家系统结合起来,取长补短,更好地实现智能化,这种技术是神经网络技术的一个延伸。

理论分析和实验研究都表明,基于符号逻辑的专家系统擅长推理解释工作,基于示例学习的神经网络更适于完成信息感知的功能。两者在功能上互补,如果组合使用,能使二者的优点相互增强,这也是当前研究的一个热点。本文根据神经网络和专家系统各自的特点,以互补为原则,提出了一种基于神经网络专家系统的设计方案。

2 传统专家系统存在的不足

传统专家系统模型如图1所示,通常由知识获取、推理机、解释系统和人机接口界面等模块组成。随着专家系统应用领域的扩大,其技术本身的问题和局限性也越来越明显,严重地影响了专家系统的开发应用。传统专家系统存在的不足主要表现在以下几个方面:

(1) 知识获取的“瓶颈”。通常,专家系统的知识获取主要依靠知识工程师将领域专家的知识移植到计算机内,它是间接的^[1]。至于某些专家的一些经验知识,则难以加入知识库中,因而效率很低。

(2) 知识的“窄台阶”。目前,一般的专家系统只能在相当窄的专业知识领域内求解专门性问题,对于相近领域的边缘问题,求解能力很差,对于其它领域则是一无所知。

* 收稿日期: 2007-09-10; 修订日期: 2007-10-26

基金项目: 黑龙江科技学院青年基金资助项目(05-22)

作者简介: 张绍兵(1977-),男,山东嘉祥人,硕士,讲师,研究方向为数据库和人工智能。

通讯地址: 150027 黑龙江省哈尔滨市松北区糖厂街1号黑龙江科技学院计算机与信息工程学院; Tel: (0451) 88036197, 13274502882; E-mail: zsb3000@sohu.com

Address: School of Computer and Information Engineering, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin, Heilongjiang 150027, P. R. China

(3) 推理能力弱。由于推理方法简单, 控制决策不灵活, 所以容易出现“匹配冲突”、“无穷递归”等问题, 推理速度慢。

(4) 智能水平低。目前的专家系统一般还不具备自学能力和联想记忆功能, 不能在运行过程中自我完善、发展和创新知识, 系统的功能仅取决于设计者的知识和能力, 它的本领也只是输入知识的总和。

(5) 系统层次少。现有的专家系统大多结构简单, 学科单一, 缺乏层次, 所以只能应用在专门场合, 求解较简单的问题, 而对于诸如社会系统、生态系统等大系统问题则显得无能为力。

(6) 实用性差。现有的许多专家系统都在“离线”与“非实时”条件下工作, 系统的可靠性、一致性、快速性、鲁棒性、实时性往往难以适应“在线实时”的要求。

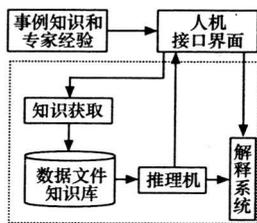


图1 传统专家系统结构图

3 神经网络专家系统框架与基本原理

基于神经网络技术的专家系统功能和结构如图2所示。

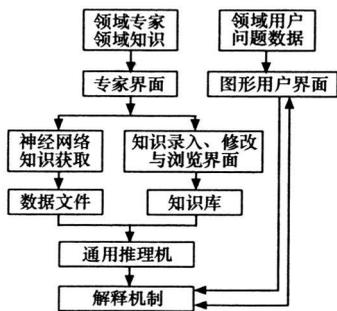


图2 神经网络专家系统结构

神经网络设计的专家系统在知识表示、知识获取、并行推理、适应性学习、理想推理、容错能力等方面显示了明显的优越性, 这些方面恰好是传统专家系统的主要弱点。

神经网络是用大量神经元的互连以及对各连接权值分布来表示特定的概念或知识。在知识获取的过程中, 它只要求专家提出范例及相应的解, 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上, 对于特定的输入模式, 神经网络通过前向计算, 产生一输出模式^[2]。其中, 各个输出结点代表的逻辑概念同时被计算出来, 特定解是通过输出结点和信号本身的比较而得到的。在这个过程中, 其余的解同时被排除, 这就是神经网络并行的基本原理。在神经网络中, 允许输入偏离学习样本, 只要输入模式接近于某

一学习样本的输入模式, 输出也会接近于学习样本的输出模式, 这种性质使得神经网络专家系统具有联想记忆的能力。

3.1 神经网络专家系统的知识表示

传统专家系统的知识表示技术是采用一系列标准的形式(如规则、框架、语义网络等)对知识进行显示表示, 而神经网络专家系统是利用神经网络自身的分布式连接机制对知识进行隐式表示。知识表示不再是独立的一条一条规则, 而是分布于整个网络中的权和阈值。三层BP神经网络专家系统的神经元知识表示如图3所示。其中, X_i 表示来自其它神经元知识的激励信号, W_{ij} 表示神经元之间的权, θ_j 表示神经元的阈值, y_j 表示神经元的信号输出。

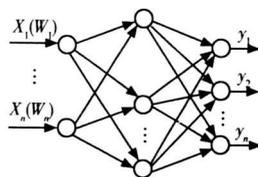


图3 三层BP神经网络专家系统的神经元知识表示图

3.2 神经网络专家系统的知识获取

神经网络专家系统利用领域专家解决实际问题的实例(样本)来训练神经网络, 使在同样输入的条件下神经网络能够获得与专家给出的方案尽可能相同的输出。采用BP网络(如图3所示)算法训练神经网络^[3], 网络的隐含层和输出层的神经元的操作特性为:

$$X_j = \sum W_{ij} O_i + \theta_j$$

其中, X_j 为第 j 个神经元的输入, O_i 是第 i 个神经元的输出, W_{ij} 为第 i 个神经元到第 j 个神经元的连接强度, θ_j 为第 j 个神经元的阈值。神经元的作用函数采用 S (Sigmoid)型函数, 则第 j 个神经元的输出为:

$$x'_j = f(X_j) = \frac{1}{1 + e^{-X_j}}$$

设第 j 个神经元的输出值为 x'_j , 期望输出值为 O_j , 则误差函数为:

$$E = \frac{1}{2} \sum_j (O_j - x'_j)^2$$

采用梯度下降算法调整神经元的权值。同时, 为了加强收敛速度, 在权值修正量中加上一个惯性项, 即前一次的权值修正量, 则权值修正的迭代方程为:

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \alpha \Delta W_{ij}(t) + \mu \delta_j x'_j$$

其中, α 为惯性系数, μ 为学习步长, 通常 $0.9 \leq \alpha < 1, 1 \leq \mu < 0.3$ 。

若神经元 j 是输出单元, 则:

$$\delta_j = (x'_j - O_j) x'_j (1 - x'_j)$$

若神经元 j 是隐含层单元, 则:

$$\delta_j = x'_j (1 - x'_j) \sum_k W_{jk} \delta_k$$

当误差函数 E 满足实际要求时, 专家系统知识获取的过程结束。这时, 领域专家解决实际问题的经验知识就转化为神经网络中各神经元之间的连接强度。整个网络成了专家系统的知识库。

3.3 神经网络专家系统的知识推理

根据已有的知识, 按照一定的推理方法进行推理, 找到

解决问题的最佳方案,这是专家系统的“思维”过程。神经网络专家系统不同于传统系统常用的演绎推理,而是通过输入反映实际问题本质的特征向量,通过已学习的神经网络的并行计算,找到一个合理的解决方案^[4]。

4 神经网络专家系统的实现

基于神经网络专家系统的基本理论,我们采用 Visual Basic 6.0 可视化编程语言对钻井故障诊断专家系统进行了设计与实现。针对鸡西黑台地区的 TP_15 孔,实现了参数自动获取、故障样本知识库维护、正向推理等功能。系统提供了 Windows 可视化的操作界面,使用户可以智能管理和便捷操作。

4.1 样本知识库

根据领域专家的知识 and 经验选择合适的、具有代表性的知识组成神经网络专家系统的样本库,其样本知识库的维护界面如图 4 所示。它具有添加、修改、删除、浏览等功能。根据实时采集的钻井参数数据,利用各参数之间的波动,生成钻井系统常见故障的样本知识库。常见的钻井故障主要有漏水、断钻、卡钻等。用户对神经网络专家系统样本库中的样本修改后要重新对神经网络进行训练,以便更新神经网络中的知识结构。



图 4 钻井故障样本知识库维护界面

4.2 神经网络专家系统的知识推理

在 TP_15 孔钻进到 355 米时,由于钻机钻进路线倾斜和地层结构等因素,因而产生断钻故障^[5],如图 5 所示。



图 5 钻井典型故障识别界面

神经网络专家系统的知识推理过程就是神经网络的模式识别的过程。通过学习神经网络专家系统具有了一定的逻辑思维和判别能力,能够根据系统自动采集的钻井参数

信息,综合运用神经网络和专家系统的知识实时识别出钻井故障信息并予以显示。

在推理和故障识别的过程中,需要构造 BP 神经网络,裁剪和训练神经网络,以确定 BP 网络最佳隐含层神经元的数目^[6]。并且,综合运用神经网络知识表示和知识获取机制,利用正向推理和实时获取的参数波动值,通过与故障样本知识库中的数据进行比对,实时产生故障信息,并伴有文字、声音和光形式的提示。

5 结束语

从目前的研究进展看,随着神经网络的发展,人工神经网络已显示了巨大的优越性,神经网络专家系统正在兴起,进一步研究神经网络专家系统的技术方法及应用有着重大的意义。但是,神经网络与专家系统的集成技术还处于探索阶段,其中仍有许多方面需要深入研究,如输入指标体系如何选择才能使“网络学习”效果最佳,神经网络的训练算法和规则提取算法的优化等都是该类系统目前需探讨的问题。

参考文献:

- [1] 徐敏,施化吉.基于神经网络集成的专家系统模型[J].计算机工程与设计,2006,27(7):1216-1220.
- [2] 曹珊,刘晓婧.基于神经网络的专家系统研究及应用[J].地面防空武器,2005(4):57-60.
- [3] Islam M M, Yao X, Murase K. A Constructive Algorithm for Training Cooperative Neural Network Ensembles [J]. IEEE Trans on Neural Network, 2003, 14(4): 820-834.
- [4] 李军,阮晓钢.一种基于神经网络的专家系统设计[J].北京工业大学学报,2003,29(2):171-175.
- [5] 巩文科,李心广,赵洁.基于 BP 神经网络与专家系统的故障诊断系统[J].计算机工程,2007,33(8):199-203.
- [6] 陈德礼,程羽.基于神经网络和规则的专家系统的应用研究[J].计算机工程与科学,2004,26(6):70-75.

(上接第 39 页)

- [7] 报,2003,34(2):214-217.
- [8] Goodman T N T, Said H B. Shape Preserving Properties of the Generalized Ball Basis [J]. Computer Aided Geometric Design, 1991, 8: 115-121.
- [9] Ball A A. Consurf Part I: Introduction of the Conic Lofting Tile [J]. CAD, 1974, 6.
- [10] Ball A A. Consurf Part II: Description of the Algorithms [J]. CAD, 1975, 7.
- [11] Goodman T N T, Said H B. Properties of Generalized Ball Curves and Surfaces [J]. Computer Aided Design, 1991, 554-560.
- [12] 奚梅成. Ball 基函数的对偶基及其应用 [J]. 计算数学, 1997, 19(2): 147-153.