

人工神经网络在实时卡钻预测中的应用研究

单志刚,邵伟光,陈俊涛

(石油大学,北京 102200)

[摘 要]采用人工神经网络模型中 BP 模型对现场的钻井工况进行卡钻预测,并开发了人工神经网络实时卡钻预测系统软件。

[关键词]卡钻 钻井 钻井事故 神经网络 卡钻预测

[中图分类号]P634 [文献标识码]A [文章编号]10495-5331(2000)02-0010-03

1 前言

卡钻是钻井施工中非生产性消耗,每年由卡钻引起的消耗占非生产性消耗的 50%以上。虽然现在国内对卡钻事故的处理工作了大量的研究,同时提出了许多的处理方法,但在卡钻预测技术上仍没有突破性的进展,更不能达到实时预测卡钻的要求,在现场主要还是凭经验给出一些定性的操作规则来避免卡钻,但还是不能在根本上减少卡钻事故的发生。卡钻事故轻则影响钻井周期,增加钻井的费用,重则使整口井报废,给我们的钻井工业带来了很大的损失。

在卡钻预测问题的分析和预测中,人们较多地采用统计分析方法和摩阻系数方法,但是实际的卡钻预测效果不是十分有效。对于卡钻预测这类非平稳时间序列的分析和研究,需要大量的动态数据的处理,尤以对序列按某一特征进行段落分类直接影响着整个系统的预测结果,这是因为实际遇到的数据虽然表面上看起来杂乱无章,内部却隐藏着某种的规律性,某一时期数据的变化特点可能在另一时期在一定程度上得到重现。因此,在实际预测中我们关心的不是某一时刻的或某一地点的具体取值大小,而是一段时期内数据的变化情况、特点或趋势,发现它们之间的相互联系和规律性,就会极大地提高预测的准确性。

用人工神经网络处理预测问题有许多优点。首先它属于一种黑箱体系,应用时不需要费劲地去分析处理问题的机理,也不探讨什么样的公式适应于误差梯度:

什么样的对象。它只强调记忆联想,所以用它来处理问题就显得非常简单。另外传统的方法一般地一个公式只代表一种定量关系,而人工神经网络可以同时代表多种定量关系,这一点是优于传统数学方法的。另一方面,从数学上讲人工神经网络是非线性系统,它有强大的处理带有非线性关系问题的能力。此外,传统的方法一旦获得一个模型,就很难再改变其模型,而人工神经网络所具有的特殊本领之一是能够自学习、自适应,它是一个活的系统,而不是一个固定的公式,可以随时输入新的数据来训练网络,使它掌握更多的知识,具有更广泛的适应性和灵活性。

2 网络的选型和算法

人工神经网络模型可分为有指导学习和无指导学习,在有指导学习中,BP网是最广泛的一种,它的理论基础很强,数学演绎严谨,同时易于学习,工作效果好。本文的工作就采用这种模型。

人工神经网络学习算法采用的是 δ 学习规则。为了避免陷入局部最小,输出方差和误差梯度都是针对整个训练集的。为了减小振荡,在联结权修正计算式中,增加一个动量项。为了提高学习速度,避免发散,还引入了动态调整学习速率 η 和动量因子 α 的机制。活化函数是 sigmoid 函数。下面是一些主要公式:

连接权修正量:

$$W_{ij}^n(t) = \eta \sum (\delta_{pj}^n \text{Out}_{pi}^{n-1}) + \alpha W_{ji}^n(t-1)$$

$$\delta_{pj}^n = \sum (\delta_{pk}^{n+1} \cdot W_{kj}^{n+1}) \cdot \text{Out}_{pj}^n \cdot (1 - \text{Out}_{pj}^n) \quad \text{对隐蔽层}$$

$$\delta_{pj}^n = (T_{pj} - \text{Out}_{pj}^N) \cdot \text{Out}_{pj}^N (1 - \text{Out}_{pj}^N) \quad \text{对输出层}$$

输出方差:

$$E_s = \frac{1}{2} \sum E_p = \frac{1}{2} \sum \sum (T_{pj} - Out_{pj}^N)^2$$

活化函数:

$$Out_{pj}^n = \frac{1}{1 + e^{-Ne_j^n}}$$

神经元 j 的净输入:

$$Net_j^n = \sum W_{ji}^n \cdot Out_{pi}^{n-1} + \theta_j^n$$

学习速率和动量因子的动态调整判据 $C(t)$:

$$C(t) = \sum \sum \sum W_{ji}^n(t) \cdot W_{ji}^n(n-1)$$

调整规则:

if ($C(t) < 0$)

then $\eta = 0.01$; $\alpha = 0.0$

else if ($C(t) < 1.05 * C(t-1)$) and ($\eta <$

$\eta_{\text{上限}}$)

then $\eta = \eta + \Delta\eta$; $\alpha = \alpha + 0.01$

else η, α 保持原值

公式: ΔW —连接权修正量; t —训练次数; W —连接权; n —层标号, n 代表当前层; η —学习速率; N —输出层标号; α —动量因子; p —样本标号; δ —节点的误差梯度; S —样本总数; Net —节点的净输出值; Out —节点的净输入值; E —方差; T —输出层节点的期望输出值; j —代表当前层 n 的节点标号; i —代表第 $n-1$ 层的节点标号; k —代表第 $n+1$ 层的节点标号。

3 实时卡钻预测中的应用

钻井过程中采集到的参数分为可变参数和不可变参数,其可变参数如泥浆参数和工艺参数等,不可变参数如地层参数。在某一井段中,如果在钻井施工参数一定的条件下,不发生卡钻,则钻井状态参数(即输出参数)如立管压力、转盘扭矩、钻速等参数,也应该是与之相符合的某个状态;相反,如钻井状态参数出现异常,则可认为会出现卡钻。

在钻井过程中,可以把钻井工况分为 3 种状态:卡钻、非卡钻和其它复杂情况(如图 1)。在神经网络应用于钻井现场前,可先根据以往的钻井历史数据建立卡钻和非卡钻状态的样本集,对神经网络进行训练,对神经网络进行事先的学习。在钻井施工的过程中,实时从录井仪上读取钻井参数,并结合地层的参数和泥浆的参数进行实时卡钻预测,如发现卡钻征兆的出现,立即给出避免卡钻的措施和方法。同时为了使神经网络卡钻预测系统更好地适应

于现场,可把钻井过程中一些有明显卡钻状态特征的钻井状态参数存储起来,在神经网络处理数据的空余时间里,对神经网络进行进一步的训练,提高神经网络预测卡钻的能力。因此,神经网络通过不断的学习,提高自己的识别能力,能够对卡钻和非卡钻工况进行有效而准确的预测。

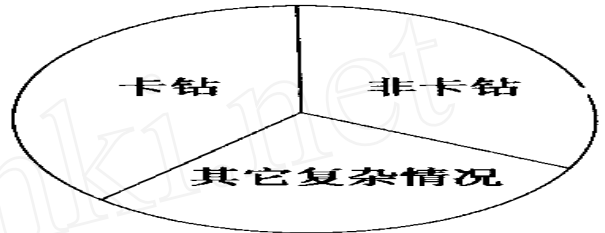


图 1 钻井工况的 3 种状态
具体的卡钻预测算法流程如图 2 所示。

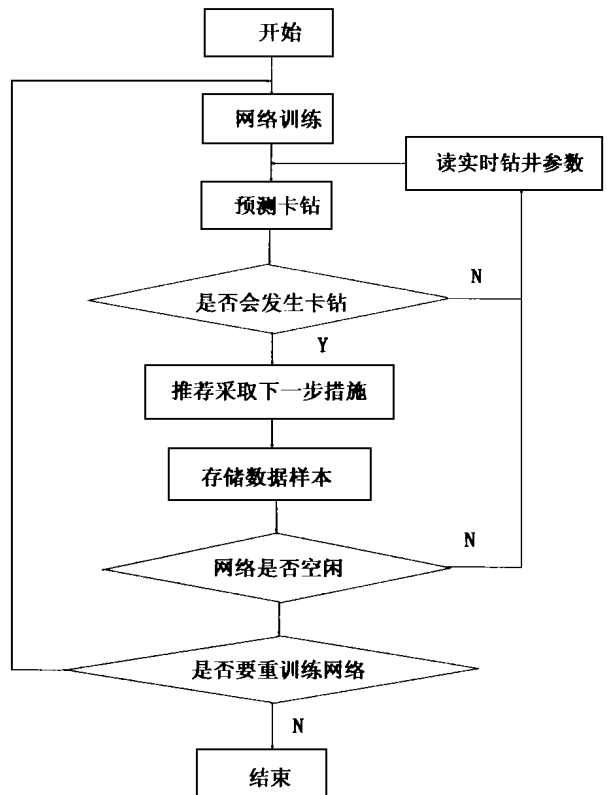


图 2 卡钻预测算法流程

在此基础上,用 Delphi 开发了一套交互式训练神经网络系统。用这套软件对钻井事故中的卡钻问题进行了预测研究。图 3 是神经网络卡钻预测系统示意图。

4 结束语

本文将人工神经网络技术应用于实时卡钻预测,并用 Delphi 语言开发了具有实用价值的人工神经网络卡钻预测软件系统。实际应用表明,本系统在常见的卡钻类型中具有较强预测能力和较高的预

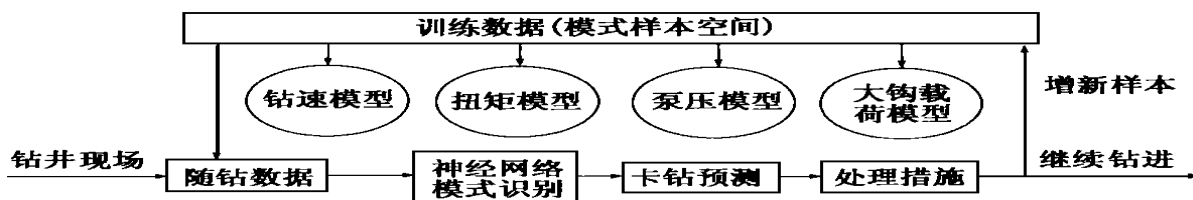


图3 神经网络卡钻预测系统示意图

测准确性。

[参考文献]

- [1] 孙星云. 卡钻预测分析研究[D]. 北京:石油大学(北京)硕士论文,1989.

- [2] 陈明. 神经网络模型[M]. 大连:理工大学出版社,1995.

- [3] 中国神经网络1993年学术大会(论文集)[A]. 1993. 10. 5~9. 西安.

- [4] 胡守仁. 神经网络应用技术[M]. 北京:国防科技大学出版社,1996.

STUDY ON ARTIFICIAL NERVE NET IN REAL - TIME PREDICTION OF STUCK DRILLING TOOLS

SHAN Zhi - gang, SHAO Wei - guang, CHEN Jun - tao

Abstract :BP model in artificial nerve net model is adopted to predict stuck operating mode in drilling well and artificial nerve net software in predicting system is developed in the paper.

Key words :stuck drilling tool , drilling well , drilling accident , nerve net , prediction



第一作者简介:

单志刚(1958年-),男。1982年在河北地质学院探矿工程系获学士学位,1985年在中国地质大学(武汉)获硕士学位,1992年在中国地质大学(武汉)获博士学位,1992年至1994年在德国 Clausthal 工业大学进修。现任石油大学继续教育学院院长、副教授,主要从事石油工程学科教学、科研和继续教育管理工作。

通讯地址:北京 石油大学 邮政编码:102200

(上接第9页)



第一作者简介:

史玉升(1962年-),男,副教授。1984年毕业于中国地质大学探矿工程专业,1989年和1996年分别获中国地质大学工学硕士和博士学位,1996年9月至1998年7月在石油大学(北京)从事博士后研究工作,现主要从事机电一体化和自动化方面的科研和教学工作。

通讯地址:湖北省武汉市 华中理工大学机械学院 邮政编码:430074