

电力通信网光纤保护通道风险评估

高会生, 付建敏, 孙逸群, 赵敏华

(华北电力大学电子与通信工程系, 河北 保定 071003)

摘要: 对电力通信网光纤保护通道风险评估进行了研究, 针对电力通信网光纤保护通道风险评估的影响因素繁多, 复杂性和重要程度不同, 难以用精确数学模型描述的特点, 提议利用主成分分析(PCA)-径向基(RBF)神经网络进行风险评估的方法。具体是利用主成分分析(PCA)方法对原输入空间进行重构, 并根据各个主成分的贡献率来确定径向基神经网络结构, 从而提高了网络的训练速度和评估能力。最后对某省实际运行的光纤保护通道进行风险评估来验证该方法的优越性。

关键词: 风险评估; 光纤保护通道; 电力通信网; 主成分分析; 径向基神经网络

Risk evaluation of power system communication fiber-optic relay protection channels

GAO Hui-sheng, FU Jian-min, SUN Yi-qun, ZHAO Min-hua

(Department of Electronics and Communication Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: The risk evaluation of power system communication fiber-optic relay protection channels is investigated. The paper uses this approach of principal component analysis (PCA)-radial basic function neural network(RBFNN) to evaluate the power system fiber-optic relay protection channel. The proposed method avoids the complexity of influencing factor and difficulty when describing evaluation in models of mathematics. Concretely, the original input space is reconstructed by principal component analysis and the structure of the network is determined according to the contributions from the principal components respectively, so the ability of training speed and evaluation are improved. The effectiveness of the proposed algorithm is verified by the practical data for the fiber-optic relay protection channels.

Key words: risk evaluation; fiber-optic relay protection channels; power system communication; principal component analysis(PCA); radial basic function (RBF) neural network

中图分类号: TP183; TN915

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)15-0032-03

0 引言

风险评估是指确定在系统和网络中每一种资源缺失或遭到破坏对整个系统造成的预计损失, 是对威胁、脆弱点以及由此带来的风险大小的评估。风险评估常用的方法有层次分析法、模糊综合评判法^[1]、模糊多目标决策和信息扩等。这些方法在风险评估的应用中比较成熟, 但本质上都要求风险结果能由影响因素显式地表示出来, 这样就存在很大缺陷和局限性。如果遇到影响因素非常复杂, 很难由显式的数学表达式描述风险结果的情况, 这些方法在精度和速度上就不能达到满意的效果。

人工神经网络是人工智能方法的重要分支, 近年, 国内外对其应用于风险评估进行了大量而深入的研究^[2], 但对电力系统光纤保护通道而言, 由于影响因素比较繁多, 复杂性和重要程度也不同, 如果把所有的因素作为网络的输入, 这样会增加网络

的复杂性, 降低精度。因此, 引用了主成分分析(PCA)-径向基(RBF)神经网络这个方法。首先, 利用主成分分析法对指标集进行约简, 这样减少了网络的输入维数; 然后, 利用径向基神经网络的特点和总是收敛的原理对其进行训练、测试, 得到最后的风险和各个因素的权重。这个方法使得网络的输入简单, 训练时间短, 精度高。

1 方法原理

本文之所以引用主成分分析(PCA)-径向基(RBF)神经网络这个方法, 主要是由主成分和径向基神经网络的特点决定的。图1给出了这个方法的过程图。

主成分分析(PCA)处在全体指标集和径向基(RBF)神经网络之间, 它的作用是利用指标对风险贡献率的大小, 对将要输入RBF神经网络的指标进行筛选。通过这个方法后, 指标集可分为两类: 可以

忽略的指标集和贡献率大的指标集。我们把贡献率大的指标集作为网络的输入, 然后利用径向基神经网络的特性和结构, 对样本进行训练、测试, 从而得到在一定误差限内的风险值。主成分分析(PCA)一径向基(RBF)神经网络的方法原理见文献[3]。

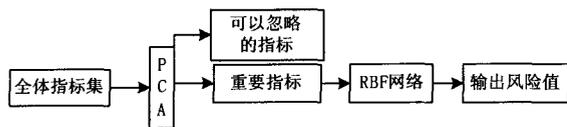


图1 主成分分析一径向基神经网络方法的流程图

Fig.1 Process of PCA and RBF neural network

2 应用实例

这个实例采用径向基(RBF)神经网络和主成分(PCA)一径向基(RBF)神经网络这两个方法, 并对这两个方法比较来显示本文方法的优越性。

2.1 光纤保护通道的指标体系

风险是指由于系统和网络存在的脆弱性、人为或自然的威胁, 导致安全事件发生的可能性及其造成的影响。风险是由事件发生的可能性及其影响来衡量的。由于电力系统通信光纤保护通道是一个复杂的信息系统, 其风险是由多个因素综合作用的体现。基于风险的定义和指标建立原则, 初步建立的指标体系如表1所示。

表1 光纤保护通道的安全风险评价指标

Tab.1 Index architecture of power system relay protection channels

一级指标	二级指标	指标取值范围
光纤网络传输指标	光纤传输时延(C1)	>5 us/km
	本征损耗(C2)	0.305~0.320 DB/km
	安装损耗(C3)	0.310~50 DB/km
	接续损耗(C4)	0.5~100 DB/km
	网络结构及自愈性(C5)	0~5
	光缆的运行状态(C6)	0~100%
光纤周围的环境指标	雷电(C7)	0~1(5级指标)
	冰雪(C8)	0~1(5级指标)
	风力(C9)	0~12级
	温度(C10)	-100~100
	其他施工(C11)	0~1(5级指标)
	设备类指标	光端机安全度(C12)
复接设备安全度(C13)		0~100%
PCM设备安全度(C14)		0~100%
保护专用光芯冗余度(C15)		0~100%
复接保护通道的分离性(C16)		0~2
电源的配备合理性(C17)		0~5

表1给出了电力系统通信光纤保护通道的指标体系和每个指标的取值范围。指标值的取得根据如下: C1, C2, C3, C4, C11 由光纤的物理性质得到; C5, C16, C17 由光纤安全运行标准得到; C7, C8, C9, C10 由天气预报得到; C6, C7, C12, C13, C14, C15

由光纤的实际运行报告得到; C7, C8, C115 由专家评判和统计数据相结合给出的5级标准得到, 5级标准的划分为: 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0。

2.2 数据归一化处理

根据以上给出的指标体系, 结合某省电力系统通信光纤保护通道的实际运行情况。以2004年1月—2004年12月的数据为样本(其中: 每个样本有17个指标)。由于各个指标的量纲不同, 故在主成分分析之前, 先对原始数据进行归一化处理。其中, {C1, C2, C3, C4, C7, C8, C9, C11}是成本型, 归一化处理公式为:

$$r_{ij} = \frac{\max_i(a_{ij}) - a_{ij}}{\max_i(a_{ij}) - \min_i(a_{ij})} \quad (1)$$

{C5, C6, C12, C13, C14, C15, C16, C17}是效益型, 归一化公式为:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - \min_i(a_{ij})}{\max_i(a_{ij}) - \min_i(a_{ij})} \quad (2)$$

C10是区间型, 归一化公式为:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 - \frac{\max(q_1' - a_{ij}, a_{ij} - q_2')}{\max[q_1' - \min_i(a_{ij}), \max_i(a_{ij}) - q_2']} & a_{ij} \notin [q_1', q_2'] \\ 1 & a_{ij} \in [q_1', q_2'] \end{cases} \quad (3)$$

2.3 主成分分析(PCA)过程

归一化处理完成后, 利用基于MATLAB的主成分分析实现方法, 对指标体系进行重组。通过计算, 累计贡献率≥95%时, 评估结果最佳。这时得到各个指标的贡献率条形图如图2所示。

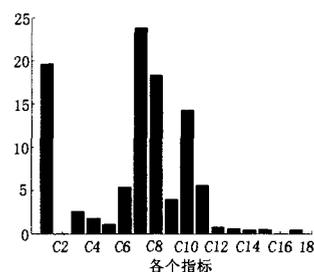


图2 各个指标的贡献率

Fig.2 Contribution rate of each index

图2可以明显看出各个指标对风险的贡献率, 我们把这些指标的贡献率由大到小开始累加, 当累加到C4时, 贡献率达到96.34% > 95%。有贡献的指标集为: {C1, C3, C4, C6, C7, C8, C9, C10, C11}。我们可以看出, 指标集从以前的17个约简到了9个, 大大减少了径向基神经网络的输入维数, 不但使得网络

简单、快速，而且对评估结果不受任何影响。

2.4 径向神经网络仿真

我们先把原始指标集作为网络输入对网络进行训练；然后，再以主成分分析后的指标集输入网络进行训练。对这两种方法在训练步数、误差曲线上作个比较，以体现主成分分析(PCA)-径向基(RBF)神经网络的优越性。给定：最小均方误差 $eg=0.0001$ ；

点间距 $sc=1$ ；训练后，两者都达到了要求的精度，原始指标集作为网络的输入进行训练，经过的步数为 12 步，而经过主成分分析后的新指标集作为网络的输入进行训练只需要 5 步。可见，主成分分析(PCA)-径向基(RBF)神经网络的训练速度更快。利用以上训练好的网络，对 2005 年 12 个月的风险进行评估，得到的评估值与实际值的比较如表 2 所示。

表 2 2005 年各月的评估值与实际值的比较

Tab.2 Comparison of the forecasted value and tested value

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
实际值	0.3196	0.4728	0.4698	0.4344	0.6783	0.7953	0.7231	0.5263	0.4679	0.4321	0.2921	0.5199
评估值	0.3196	0.4727	0.4698	0.4344	0.6783	0.7953	0.7232	0.5263	0.4680	0.4320	0.292	0.5199

我们给出两种方法的误差与最小均方误差的比较如图 3 示。由图 3 明显可以看出，本文的方法误差更小，评估更精确。

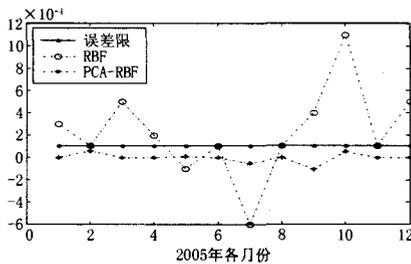


图3 两种方法的误差曲线比较图

Fig.3 The error curves of the two methods

3 结论

本文运用主成分分析(PCA)方法对径向基(RBF)神经网络的输入空间进行主成分分析，根据各主成分的贡献率对原样本空间进行重构，可有效地降低输入空间的维数，同时也消除了输入各维之间的自相关性，所以在降低问题复杂度的同时，也提高了评估的精度。通过对某电力系统通信光纤保护通道在 2005 年各月的风险进行评估表明，这个方法有效，快速，精确度高，在电力系统通信网的风险评估中有很高的实用价值，对以后同种类的风险评估有很好的应用价值。

参考文献

- [1] XIONG De-guo, XIAN Xue-fu. Improvement of Fuzzy Comprehensive Evaluation Method[J]. Journal of Chongqing University, 2003, 26(6): 93-95.
 - [2] Jensen C A, El-Sharkawi M A, et al. Power System Security Assessment Using Neural Networks: Feature Selection Using Fisher Discrimination[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2001, 16(4): 757-763.
 - [3] 赵杰辉, 葛少云, 刘自发. 基于主成分分析的径向基函数神经网络在电力系统负荷预测中的应用[J]. 电网技术, 2004, 28(5): 35-37.
- ZHAO Jie-hui, GE Shao-yun, LIU Zi-fa. Application of Radial Basic Function Network Based on Principal Component Analysis in Load Forecasting[J]. Power System Technology, 2004, 28(5): 35-37.

收稿日期: 2006-12-20; 修回日期: 2007-04-12

作者简介:

高会生(1963-), 男, 教授, 硕士生导师, 研究方向为电力系统通信及网络管理系统;

付建敏(1981-), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力系统通信网安全风险评估; E-mail: fujianmin0608@126.com

孙逸群(1981-), 男, 硕士研究生, 助理工程师, 研究方向为电力通信网安全风险评估, 曾从事电力自动化维护工作。

河南省高压直流输变电装备工程技术研究中心落户许继集团

根据《河南省工程技术研究中心管理办法》和《河南省工程技术研究中心 2007 年建设工作要点》精神，省科技厅组织专家对 2007 年度申请省级工程技术中心的企业进行了评审论证。日前，省科技厅下发通知，批准全省符合条件的 65 家企业建立省工程技术研究中心，并对通过评审的省工程技术中心集中授牌。其中，省高压直流输变电装备工程技术研究中心落户许继集团公司。