

文章编号 :1007 - 649X(2001)04 - 0103 - 04

一种配网线损分析的智能化方法

张 超 , 刘宪林

(郑州大学电气工程学院 河南 郑州 450002)

摘 要 : 利用集成神经网络和信息融合技术 , 建立针对配网结构和运行特点的线损分析数学模型 . 基于该模型的线损分析方法 , 将输入变量通过 Kohonen 网分配到所属类别中 , 再通过置信矩阵、权矩阵进行线损分析 . 在分析过程中 , 可以计及运行经验和其他信息 , 根据计算数据对模型参数作动态修正 , 从而能够快速得到合理的线损分析结果 .

关键词 集成神经网络 ; 配网 ; 线损

中图分类号 : TM 711 **文献标识码 :** A

0 引言

配网线损在整个电网线损中占有相当大的比例 , 有效降低配网线损对实现电力系统经济运行具有重要的意义 . 配网线损与电网结构、线径、变压器效率、无功补偿状况、负荷特征等多种因素有关 . 通过线损分析 , 快速、准确地判断出给定配网线损过大的原因 , 是制定降损方案的前提 . 目前 , 配网线损分析主要采用枚举法和对比法^[1,2] , 这些方法不能有效、充分地利用已知信息 , 速度较慢 . 随着配网规模的扩大 , 需要研究新的更有效的配网线损分析方法 . 人工神经网络已经在电力系统运行的多个方面得到应用^[3,4] . 本文利用集成神经网络和信息融合技术 , 建立了针对配网结构和运行特点的线损分析数学模型 . 基于该模型的线损分析方法 , 将输入变量通过 Kohonen 网分配到所属类别中 , 再通过置信矩阵、权矩阵进行线损分析 . 在分析过程中 , 可以计及运行经验和其他信息 , 可以随时根据计算数据对模型参数作动态修正 , 从而能够快速得到合理的线损分析结果 .

1 集成神经网络

一般来说 , 神经网络分为输入层、隐藏层和输出层 . 本文将用于配网线损分析的集成神经网络分为分配层、融合层和输出层三层 . 二者的不同之处在于 , 普通神经网络的输入层需将输入变量按既定的

模式输入 , 而集成神经网络不事先对输入变量作模式划分 , 它利用分配层自动对输入变量进行分类 , 以减少后续计算量 ; 普通神经网络的隐藏层通过样本学习等方法修改神经网络参数 , 不能兼顾各方面的信息 , 而集成神经网络在融合层对各类数据信息和非数据信息 (如运行经验) 适当地进行组合 , 可以充分利用各类信息 . 集成神经网络中的某些过程可以进行人工干预 , 而普通神经网络则不能 . 集成神经网络的结构如图 1 所示 .

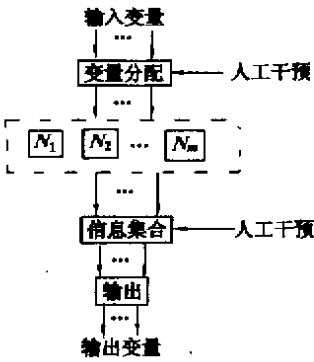


图 1 集成神经网络

Fig.1 Integrated neural network

集成神经网络的变量分配功能采用具有自组织特征的 Kohonen 网实现 . Kohonen 网的输入是运行参数和结构参数 , 输出则是所属类别的对应变量 . 它采用单向前馈式的模拟过程 , 反应速度快 , 比较适合作为分类网 , 其结构如图 2 所示 . Kohonen 网捕捉网中的主要特征 , 通过学习确定权值 , 具有自

收稿日期 2001 - 09 - 01 , 修订日期 2001 - 10 - 10
作者简介 张 超 (1977 -) 女 , 河南省三门峡市人 , 郑州大学硕士研究生 .

动向环境学习的能力,当运行状态变化时,还可随时纳入新的数据,具有自适应能力。

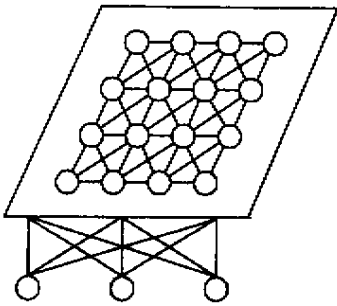


图 2 Kohonen 网

Fig.2 Kohonen network

图 1 中的子网 N_i 把经由 Kohonen 网分配得到的输出变量作为输入变量,并把它们在各子网中转换为信息融合层所需的变量格式。

信息融合层的输入变量为子网的输出变量。对配网线损分析而言,这些变量为变压器铜损、变压器铁损、线路损耗、理论线损率、统计线损率、功率因数、负荷、管理指标等运行参数和技术参数转换后的特征值。信息融合层的输出变量为各类线损原因(如线路线径偏细、高损耗变压器数量偏多、无功电源不足、管理不善等)的可能程度。融合层的具体结构如图 3 所示。融合层将前一层的输出变量按照模型公式进行融合,这种融合不是单纯意义上的数据的加权和,而是综合模块自身、模块之间、人机模块程序之间的各种数据信息,对数据样本所隐藏的统计信息和模型类型的特征向量信息进行集成。

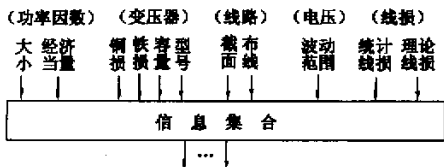


图 3 融合层结构网

Fig.3 Structure of fusion-layer

融合层的输入变量按照既能反映所属类别的特点又能影响配网线损的原则选取。例如,变压器型号、容量、铜损和铁损,作为变压器类输入变量;配电线路的线径和网络结构作为线路类输入变量等。

输出层则是将融合层的输出变量作为输入量,根据相应的权重,加权求和,得到输出变量,即全网各种线损原因的置信度。输出层的权重可以由样本学习获得,也可以人工给定。

2 基于集成神经网的配网线损分析算法的实现

基于集成神经网的配网线损分析算法流程图如图 4 所示。

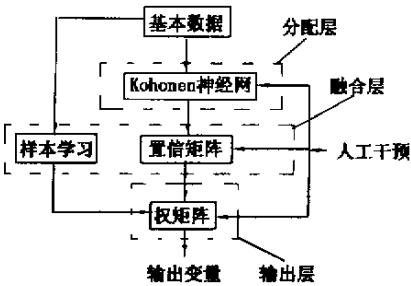


图 4 算法流程图

Fig.4 Flow chart of algorithm

2.1 变量分配的步骤

- (1) 对变量初始化,置循环次数 $K=0$;
- (2) 输入一个新样本;
- (3) 输入与全部可能输出节点的距离;

$$d_{ij} = \sum_{l=1}^n (x_{il}(k) - w_{lj}(k))^2 \quad (j = 1, 2, \dots, m),$$
式中 $x_{il}(k)$ 为 k 时第 i 个输入向量的第 l 个分量; w_{lj} 为输出节点的标准值, $w_{lj}(k) = e^{|\text{ne}(x_{il}(k))|}$; $|\text{ne}(x_{il}(k))|$ 为变量 d_{il} 在网络中组成的测度空间的测度值, $\text{ne}(x_{il}(k))$ 表示把 $x_{il}(k)$ 取成有效位数内的值。

- (4) 求与最小距离对应的节点 j^* ;
- (5) 修正节点 j^* 及其邻域 $\delta(j^*, d)$ 内的节点权值(d 值人为给定),即

$$w_{lj}(k+1) = w_{lj}(k) + \gamma(k)(x_{il}(k) - w_{lj}(k)), \quad j \in \delta(j^*, d),$$

式中,

$$\gamma(k) = \begin{cases} \mu_k \cdot d_j^*, & j = j^*; \\ \mu_k \cdot d_j, & j \in \delta(j^*, d), j \neq j^*; \\ 0, & j \notin \delta(j^*, d), \end{cases}$$

其中: μ_k 为控制计算有效性的乘子,用以保证 w_{lj} 取得有效的数值. μ_k 的算式为

$$\mu_k = \begin{cases} \frac{1}{d_{j_{\max}}} & d_{j_{\max}} < dd; \\ 0 & d_{j_{\max}} > dd; \end{cases}$$

式中: dd 为 d 的最大给定值,用以限定 d_{\max} 的范围。

- (6) 判断 $\gamma(k) \leq \epsilon$ 是否满足,若不满足,则令 $k = k + 1$,转向步骤(2)继续计算。如果该条件无法满足,则转向手动修改。

2.2 计算子网输出

子网 N_i 的输入输出关系为

$$Y_i = P \times X_i \quad (i = 1, 2, \dots, m),$$

式中： X_i 为由 Kohonen 神经网络得到的子网 N_i 的输入变量， $X_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}]^T$ ， Y_i 为子网 N_i 的输出变量， $Y_i = [y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{it}]^T$ ，各子网的输出变量相同； P 为置信矩阵， $P \in R^{l \times n}$ ，由样本学习或人工给定，表征单个子网输入变量针对全网输出的置信度。

2.3 计算全网输出

全网的输出为各子网输出变量的加权和，即

$$U = \sum_{i=1}^m w_i \cdot Y_i,$$

式中： w_i 为子网 N_i 的输出在全网输出中的权重，可人工调整。通常将所有子网的 w_i 用权重矩阵 $W = [w_1, w_2, \dots, w_m]^T$ 集中表示； U 为全网的输出，

$U = [u_1, u_2, \dots, u_l]^T$ 。 U 是线损分析的结果，其各个分量表征各类损耗相关因素对配网线损总体的影响程度。

3 实例

用 10 kV 配电线路(部分)来说明基于集成神经网络的配网线损分析的实现过程。配电线路结构如图 5 所示，该线路某月的测试结果如表 1 所示。

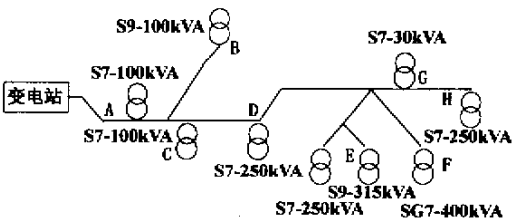


图 5 10 kV 配电线路(部分)
Fig.5 10 kV distribution line(partion)

表 1 实例基本数据

Table 1 Basic Data of practical example

总损耗/ (kW·h)	线路损耗/ (kW·h)	功率因数	理论线损 率/%	铜损/ (kW·h)	铁损/ (kW·h)	有功电量/ (kW·h)	P_{max}/kW	P_{min}/kW
68664.55	29536.77	0.710	5.722	35218.18	3909.6	1200000	2800	1800

该配电线路主线路导线型号为 LGJ-70，分支线路为 LGJ-25 和 LGJ-35。各节点的负荷性质为：A、B 为冶炼厂，C、F 为水泥厂，D、E 为煤矿，G、H 为农电。由表 1 数据可求得最小负荷率为 66.7%，求得各种损耗占全配网损耗的比率为：配电线路损耗率 43.02%，变压器铜损率 51.29%，变压器铁损率 5.694%。

构造集成神经网络如下：设置 4 个子网络，各子网及其输入变量为：线路子网 $N_1 = \{\text{线径}\}$ ，变压器子网 $N_2 = \{\text{型号, 容量, 铜损率, 铁损率}\}$ ，功率因数子网 $N_3 = \{\cos\varphi\}$ ，负荷子网 $N_4 = \{\text{负荷率}\}$ 。全网输出变量为 $U = \{\text{线径太细, 高耗变压器多, 无功电源不足, 负荷波动幅度大}\}$ 。本算例暂不考虑布线状况和管理状况等因素对线损的影响。

利用图 5 和表 1 所给信息，计算可得各子网的输出为

$$Y_1 = [0.61 \quad 0.40 \quad 0.55 \quad 0.32]^T;$$
$$Y_2 = [0.40 \quad 0.61 \quad 0.40 \quad 0.20]^T;$$
$$Y_3 = [0.15 \quad 0.24 \quad 0.50 \quad 0.00]^T;$$
$$Y_4 = [0.30 \quad 0.20 \quad 0.53 \quad 0.40]^T,$$

全网输出权重矩阵为

$$W = [0.3458 \quad 0.3380 \quad 0.7353 \quad 0.1452]^T,$$

全网总输出为

$$U = [0.50 \quad 0.55 \quad 0.77 \quad 0.26]^T.$$

U 给出了算例线损分析的结果，其分量数值的大小表示配网线损原因的置信度。具体说明如下：无功电源不足导致全网线损较大的可能性为 0.77；负荷波动较大导致全网线损较大的可能性为 0.26；高耗变压器多导致全网线损较大的可能性为 0.55；线径太细导致全网线损较大的可能性为 0.55。因此，对本算例无功电源不足是导致线损较大的主要原因，可能性为 0.77，另外高耗变压器数量较多也是重要的原因，可能性为 0.55。

4 结束语

本文针对配网特点和线损分析的要求，基于集成神经网络建立了配网线损分析的数学模型。该模型分为分配层、融合层和输出层三层。该模型采用模块化结构，融合技术贯穿其中，既可保证模块之间的联系，又不失模块自身的相对独立性。模型参数的选取和确定可以通过样本学习、参考运行经验等方法获得，并可以随管理、运行或用户的要求进行动态修改。基于该模型的线损分析算法较为简便，速度较快，可以比较全面地反映各种因素对线损影响的程度，为合理地制定降损方案提供科学的依据。算例分析结果表明，这种模型和方法

用于配网线损分析是可行的 , 所得结论是合理的 .

参考文献 :

[1] 罗毅芳 , 刘 巍 , 施流忠 , 等 . 电网线损理论计算与分析系统的研制 [J]. 供用电 , 1997 , 14 (3) : 30 – 33 .
[2] 施流忠 , 杨东俊 , 刘 巍 , 等 . 配电网线损理论计算与分析系统的开发研制 [J]. 供用电 , 1999 , 16 (5) : 20 – 21 .
[3] 邢春颖 , 阳 影 . 现代神经网络应用 [M]. 北京 : 电子工业出版社 , 1996 .

[4] JEFFREY J Bann , GUILLERMO D Irisar . Integrating AI applications in an energy management system [J]. IEEE Expert Intelligent System & their Applications , 1997 , 12 (6) : 38 – 42 .
[5] XU W , LIU Y , KOVAL D , et al . Using spreadsheet software as a platform for power system Analysis [J]. IEEE Computer Applications in Power , 1999 , 12 (1) : 41 – 45 .
[6] 李卫东 , 柳 焯 , 郭玉红 , 等 . 基于电力系统运行模式及人工神经网络的潮流并行算法 [J]. 电力系统自动化 , 1997 , 21 (5) : 10 – 14 .

A Method of Intelligentization for Lineloss – analysis of Distribution Network

ZHANG Chao , LIU Xian – lin

(College of Electric Engineering , Zhengzhou University , Zhengzhou 450002 , China)

Abstract : Using the integrated neural network and the technology of information fusion , a mathematic model of lineloss analysis , aiming at the structural and running features of distribution network , is established . Based on this model , the lineloss method distributes input variable to its affiliated by Kohonen network , then proceeds lineloss analysis by believable matrix and weight matrix . During the course of analysis , not only the running experiences and other information are considered , but model parameters can be made dynamic revision according to calculated data , so reasonable results of lineloss analysis can be quickly obtained .

Key words : integrated neural network ; distribution network ; lineloss