

文章编号: 1007-4929(2007)07-0077-03

一种实现泵站机组温度精确测量的新方法

郭彦东, 张占江

(阿城继电器股份有限公司 哈尔滨瑞雷电气科技发展有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 实现泵站机组温度的精确测量对泵站机组的正常运行具有重要意义, 本文利用 BP 网络具有的任意逼近非线性函数和内插值特性, 提出一种对泵站机组温度精确测量的新方法, 该方法采用免疫算法优化 BP 网络的权值以克服训练 BP 网络的 BP 算法的不足。仿真结果表明应用新方法测量温度具有很高的精度, 具有实际意义。

关键词: 热电阻; BP 网络; 免疫算法

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A

A New Method for Implementing High-precision Temperature Measurement of Pumping Station Sets GUO Yan-dong, ZHANG Zhan-jiang

(Acheng Relay Co., Ltd Harbin Reli Electric Technology Co., Ltd, Harbin 150090, China)

Abstract: Implementing high-precision temperature measurement of pumping station sets has significance to its steady operation. By using the arbitrary non-linear function and interpolation characteristic of BP Networks, this paper presents a new approach to measure the temperature of pumping station nets. To avoid the deficiency of the training BP Networks and BP algorithm, this method adopts immune algorithm to optimize the weight of BP Networks. The results of simulation show that this new method is more accurate and encouraging.

Key words: Thermo-resistance; BP Networks; Immune algorithm

0 引言

实现泵站机组温度的精确测量是泵站机组正常运行的保证, 在应用热电阻测量温度的实际工作中, 通常情况下可以通过两条途径实现热电阻阻值—温度的变换: 一是用线性回归方法拟合常用热电阻分度表的数据(拟合法), 二是用数学解析方法推导出换算公式(解析法)。用拟合法拟合工作量大, 使用时有拟合误差存在, 而且不同规格的热电阻会有不同的拟合公式, 不通用, 并且在实现的过程中, 分度表的存储占用大量的存储空间, 消耗资源。在解析法中, 由温度到阻值的计算公式本身就是在一定精度要求下给出的近似公式, 在这样的公式下推导出的由阻值到温度的换算公式也是近似的, 当精度要求更高时, 推导换算公式几乎是不可能的。为此提出利用 BP 网络具有的任意逼近非线性函数和内插值特性实现热电阻阻值—温度的变换。针对 BP 网络的 BP 算法收敛速度慢, 易于限于局部极小值的缺点, 提出基于免疫算法的 BP 网络, 即在 BP 网络的学习训练中, 首先用免疫算法优化 BP 网络的权值, 当 BP 网络的误差达到一定值时, 转入到 BP 算法, 直到误差达到精度要

求, 利用训练好的 BP 网络, 描述热电阻阻值—温度的对应变换, 进而实现对泵站机组温度的精确测量。

1 基于免疫算法的 BP 网络

1.1 BP 网络及 BP 算法

BP 网络结构如图 1 所示^[1], 它具有分层结构, 不仅有输入层、输出层, 而且有隐层, 层与层间采用全互连方式, 同一层单元间不存在相互连接。第一层为输入层, 第 Q 层为输出层, 中间各层为隐层。设第 q 层(q=1, 2, …, Q)的神经元个数为 n_q , 输入到第 q 层的第 i 个神经元的权值为 $\omega_{ij}^{(q)}$ ($i=1, 2, \dots, n_1; j=1, 2, \dots, n_{q-1}$)。对于给定的样本 $x_p^{(0)} = [x_{p1}^{(0)} \ x_{p2}^{(0)} \ \dots \ x_{p_{n_0}}^{(0)}]^T$, $y_p = [y_{p1} \ y_{p2} \ \dots \ y_{p_{n_Q}}]^T$, ($p=1, 2, \dots, P$), P 为样本数目, BP 网络的误差函数为:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^{n_Q} (y_{pi} - x_{pi}^{(Q)})^2 \quad (2)$$

BP 算法就是调节 BP 网络的各个权值并使其沿误差函数(1)的负梯度方向改变, 最后求得误差函数的极小值。BP 算法的本质是一阶梯度法, 无论对算法进行怎样的改进, 只能是使

算法的性能得到改善,不可能从根本上改变它的不足,必须寻找一种能够进行全局最优的搜索算法,为此,免疫算法以其独特的性能为这一问题的解决提供了途径。

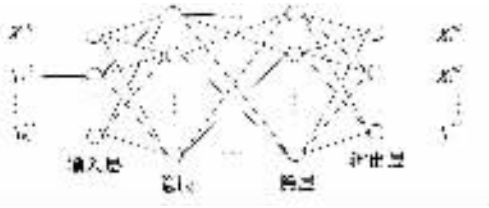


图1 BP网络结构图

1.2 免疫算法

生物免疫系统能够自适应地识别和排除侵入机体的抗原性异物,具有自学习、自适应调节能力,以维护机体内环境的稳定。将抗原(Antigen,称)与待求解问题的目标函数和各种约束条件相对应,抗体(Antibody,称)与待求解问题的候选解相对应,抗体和抗原的亲合力与待求解问题的候选解满足待求解问题目标函数的程度相对应,借鉴生物免疫系统的特点形成一种智能计算算法——免疫算法^[4]。免疫算法的基本流程如图2所示。

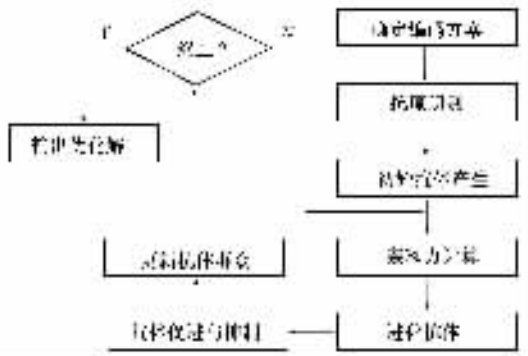


图2 免疫算法流程图

假设函数极小值优化问题可描述为:

$$\min f(x_1, \dots, x_n) \quad (2)$$

式中: $f(x)$ 为目标函数, $x_i \in [a_i, b_i]$ 为自变量参数且满足 $a_i \in R, b_i \in R, i=1, \dots, n$ 。下面以(2)式所示的函数优化问题为例描述免疫算法具体过程^[2]:

(1)编码。当采用二进制编码时,可将 $f(x)$ 的自变量 x_i 转换为长度为 l_i 的二进制数, l_i 值的大小决定了候选解中自变量 x_i 的精度,问题的一个候选解构成一个长度为 $L = \sum_{i=1}^n l_i$ 的二进制数编码抗体。

(2)抗原识别。输入目标函数作为免疫算法的抗原。

(3)初始抗体产生。随机产生抗体集合 $Ab = \{Ab_i\}, i=1, \dots, N, N$ 为初始抗体规模,集合的每一个抗体对应问题解空间中的一个解。

(4)亲和力计算。为了计算抗体对抗原的亲合力,必须对抗体进行解码。首先,根据抗体编码时自变量 x_i 对应的二进制数长度 l_i 值对抗体进行划分,形成二进制子段,并把每一个二进制子段转化成实数,然后,根据(2)式计算目标函数值,组成抗体对抗原的亲合力集合 f 。

(5)进化抗体。首先,依据亲和力的大小对集合 f 元素排序,同时调整抗体集合 Ab 中相应抗体的顺序;然后,对集合 Ab 的抗体进行克隆,克隆总数为:

$$N_c = \sum_{i=1}^n n_i = \sum_{i=1}^n \text{round} \left(\frac{\beta N_i}{f_i} \right) \quad (3)$$

式中: β 为克隆系数; $\text{round} \frac{\beta N_i}{f_i}$ 为取整函数;克隆后的抗体形成集合 C 。然后,对集合 C 中的每个抗体进行高频变异,第 i 个抗体的变异概率为:

$$P_i = \exp \left(-\alpha \frac{f_i}{f_{\max}} \right) \quad (4)$$

式中: α 为变异系数; f_i 为第 i 个抗体对抗原的亲合力, $i=1, \dots, N_i; f_{\max}$ 为 C 中抗体与抗原亲和力的最大值。变异后的抗体形成集合 C^* ,最后,计算集合 C^* 中每个抗体对抗原的亲合力,组成抗体对抗原的亲合力集合 f^* 。对亲合力集合 f^* 依据亲和力的大小进行排序,同时调整抗体集合 C^* 中相应抗体的顺序。

(6)抗体促进与抑制。为了保持抗体的多样性,亲和力高,而浓度低的抗体要促进,相反,亲和力低,而浓度高的抗体要抑制。应用信息熵理论来描述抗体的相似度,进而反应抗体的浓度。

根据信息熵理论,集合 C^* 中全部抗体的平均信息熵定义为:

$$H(N_c) = \sum_{l=1}^L H_l(N_c) \quad (5)$$

式中: $H_l(N_c) = -\sum_{k=1}^S p_{kl} \log p_{kl}$, $H_l(N_c)$ 为全部抗体第 l 基因位的信息熵,对于二进制编码抗体, $S=2, p_{kl}$ 为 N_c 个抗体中第 l 基因位为字符集 $\{0, 1\}$ 中第 k 个字符的概率, $k=1, 2$ 。则抗体 Ab_i 和抗体 Ab_j 的相似度为:

$$R_{i,j} = \frac{1}{1 + H(2)} \quad (6)$$

则抗体 Ab_i 的浓度为:

$$C_i = \frac{1}{N_c} \sum_{j=1}^{N_c} C_{ij} \quad (7)$$

$$C_{ij} = \begin{cases} 1, & R_{ij} \geq \sigma \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

式中: σ 为抑制半径。则抗体 Ab_i 的期望繁殖率为:

$$P_i = \frac{f_i}{C_i} \quad (8)$$

(7)更新抗体群体。随机产生抗体集合 $Ab_{(d)}, Ab_{(d)}$ 中抗体个数为:

$$N_d = \text{round}(\gamma \cdot N) \quad (9)$$

式中, γ 为增补系数,然后,将 C^* 中的抗体按期望繁殖率 P_i 排序,取前 $N - N_d$ 个抗体与集合 $Ab_{(d)}$ 一起组成新的抗体群体。

(8)算法停止条件。选择进化代数作为算法停止条件,当算法运行到设定的代数时,算法停止运行,否则,返回(4)继续。

1.3 基于免疫算法的BP网络

BP网络的BP算法,它存在着收敛速度慢,易于陷入局部极小值的缺点。遗传算法是一种能够进行全局最优搜索的优化算法,可以首先利用免疫算法能够进行全局最优搜索的能力,对BP网络的初始权值和阈值进行全局范围内的最优搜索,

在解空间中定位出一个较好的搜索空间,满足一定的收敛条件后,转入附加动量—自适应学习率的BP算法,利用BP算法比较善于进行局部搜索的特点,在定位出的小空间中进行最优解的搜索,很快找到全局最优解,形成基于免疫算法的BP网络的混合算法。

2 算例仿真

选择BP网络的结构如下:输入节点数为1,对应输入的阻值,隐含层节点数为8,输出层节点数为1,对应输出的温度值,因此BP网络待训练的权值共有32个。权值用15位二进制数表示,则抗体可表示为长度为480的二进制字符串,抗体规模,克隆系数,变异系数,增补系数,抑制半径。以Pt100为例,通过分度表^[3]选择一组热电阻阻值及对应的温度值作为BP网络的训练样本,选择另一组热电阻阻值及对应的温度值作为BP网络的测试样本。对训练样本和测试样本进行预处理,使输入值,输出值的范围在-1和1之间,在网络的训练过程中,首先由免疫算法优化网络的权值,当网络的误差达到0.1时,转入BP算法,当网络的误差达到0.00001时训练结束,测试样本对其进行检测结果如表1。结果表明经BP网络计算的数据与从分度表中查得的数据吻合得很好,相对误差小于0.03%。

3 结论

仿真结果表明基于免疫算法BP网络可实现泵站机组常用热电阻阻值—温度变换关系,离线计算网络,在线确定温度值。此方法不仅克服了拟合法的拟合误差并节省了大量的存储空间,而且能实现解析法所无法解决的问题,提高机组温度测量精度,有利于泵站机组温度的自动化测量。同时,此方法可推广到所有应用热电阻测量温度的场合,具有极大的实用价值。

(上接第76页) 砂姜黑土除耕层外,以下各层的毛细性能均较弱,土壤的供水性能较差。耕层以下不仅土壤的导水性能较差,水分运动较慢,而且土壤的毛细上升高度也较小,一般仅有0.8~1.0 m,对地下水补给作用影响很大。遇到干旱天气,尤其是在蒸发强烈和作物耗水较大的季节在地下水还较深(1.2~1.5 m)的情况下,毛细上升水远跟不上土壤上层蒸腾的损耗而常出现干旱。既是在雨季涝渍后,若遇上一段干旱无雨天气,也会出现干旱。

3.5 通气性能的影响

作物受涝(渍)危害是土壤通气不良的体现。从表1可见,砂姜黑土的通气孔隙度较低,耕层有13%,耕层以下各层一般只有5%左右。旱作地的通气孔隙以占土壤体积的15%左右为宜,小于10%就会产生水气矛盾,影响作物正常生长。由于砂姜黑土的通气孔隙较小,当土壤含水量接近于田间持水量时,就会影响气体交换,使作物根的呼吸作用受阻。尤其在雨季连阴天气,地下水位较高,蒸发蒸腾作用微弱,土壤上层的水分含量常保持在田间持水量以上,土壤空气更加恶化。若无田间防渍工程,更难及时排除土壤中过多的水分,更易产生涝渍灾害。

表1 BP网络与查分度表比较 (Pt100)

电阻/ Ω	温度/°C		电阻/ Ω	温度值/°C	
	分度表	BP网络		分度表	BP网络
22.80	-190.000	-190.002	149.82	130.000	130.002
31.32	-170.00	-169.999	157.31	150.00	149.999
39.71	-150.000	-150.000	164.76	170.000	170.012
48.00	-130.000	-129.996	172.16	190.000	189.998
56.19	-110.000	-110.001	179.51	210.000	209.996
64.30	-90.000	-90.000	186.32	230.000	230.000
72.33	-70.000	-70.018	194.07	250.000	250.005
80.31	-50.000	-49.991	201.29	270.000	270.011
88.22	-30.000	-30.001	208.45	290.000	290.000
96.09	-10.00	-10.003	215.57	310.000	309.999
103.90	10.000	10.000	222.65	330.000	329.998
111.67	30.000	29.998	229.67	350.000	350.003
119.40	50.000	50.008	236.65	370.000	370.002
127.07	70.000	70.000	243.59	390.000	390.000
134.70	90.000	89.994	250.48	410.000	410.001
142.29	110.000	110.006	257.32	430.000	429.999

参考文献:

- [1] 李士勇. 模糊控制、神经控制和智能控制论. 哈尔滨工业大学出版社,1996.
- [2] 黄席樾,张著洪,何传江,等. 现代智能算法理论及应用[M]. 北京:科技出版社,2005.
- [3] 李吉林. 90国际温标常用热电偶、热电阻分度表[M]. 北京:中国计量出版社,1998,144—169.

4 结语

上述分析可知,驻马店市砂姜黑土具有的母质特性决定着其具有独特的水分物理性质,对旱涝灾害有着重要的影响。防治旱涝灾害,应结合实际考虑母质特性的影响。①加强水利建设和管理,完善防渍除涝抗旱水利工程保障体系,“三水”兼顾,合理拦蓄地面径流,调控地下水位,满足作物生长需求。②增施有机肥,改良土壤结构性和空隙性,改良土壤的水分物理性质,增强土壤蓄水、保水和供水的抗旱能力和抗御涝渍能力。③农林牧结合,水肥土并重,发展生态农业,进行生物工程综合治理,使多灾重灾的砂姜黑土区生产产生良性循环,实现社会的可持续性发展。

参考文献:

- [1] 安徽水利厅. 淮北地区中低产田综合治理[M]. 北京:水利水电出版社,1993.
- [2] 张义丰,王义丰,刘录祥. 淮北平原砂姜黑土旱涝(渍)害与水土关系及其作用机理. 地理科学进展,2001,20(2):169—175.
- [3] 孙怀文. 砂姜黑土的水分特性及其与土壤易旱的关系. 土壤学报,1993,30(4).