

文章编号: 1001-5078 (2006) 08-0655-02

基于 BP 神经网络的红外测温系统温度标定方法

刘缠牢, 谭立勋, 李春燕

(西安工业学院光电工程学院, 陕西 西安 710032)

摘要:介绍了红外测温系统温度标定方法和 BP 算法神经网络, 将 BP 算法神经网络应用于温度标定物理实验中的灰度与温度的特性曲线拟合, 并在 MATLAB 下通过训练和仿真验证了应用 BP 算法神经网络拟合实验曲线的优越性, 其拟合精度远高于最小二乘法拟合, 为测温数据的软件处理提供了新的方法。

关键词:温度标定; BP 神经网络; 最小二乘法; 拟合

中图分类号: TH811

文献标识码: A

The Demarcating Method of Infrared Measuring Temperature System on the BP Neural Network

LU Chan-lao, TAN Li-xun, LI Chun-yan

(School of Optoelectronic Engineering, Xi'an Institute of Technology, Xi'an 710032, China)

Abstract: Basic principle of the infrared measuring temperature demarcating method and the BP neural network is introduced. The back Demarcating method of neural network is described in detail. The application of Demarcating method neural network in fitting the curves of physical experiments is studied. Through training and simulating under MATLAB, the advantage of using BP algorithm neural network in physical curve fitting is proven. And its precision is by far higher than the minimum double multiplication fitting so as to offer a new method to deal with the temperature demarcating software.

Key words: temperature demarcating; BP neural network; the minimum double multiplication; curve fitting

1 引言

红外测温系统在显示器上显示的热图像, 反映了被测物体表面的热分布情况, 由于探测器所接收到的红外辐射与目标温度之间呈非线性关系, 而且还要受到物体表面发射率、大气衰减及物体所处环境的反射等因素的影响, 热图像只能给出物体表面辐射温度的定性描述, 如果想要根据热图像获得物体的绝对温度值, 必须采用与基准物体热像相比较的方式来标定绝对温度值。一般是利用高精度的黑体炉作为标准, 用红外测温系统测量其表面温度, 做出黑体炉温度与光电转换器件的输出信号的关系曲线。具体标定有两种方法^[1]: 拟合曲线法和查找表法。对与曲线拟合的方法, 一般是将标定得到的数据用最小二乘法进行拟合运算, 得到一条灰度与温

度的最近拟合曲线。这种方法只要采集部分灰度级与温度数据, 其他可由拟合曲线运算获得, 比较简单易行, 但是测量精度略低, 只适用于测量精度要求不高的场合。

近年来, 神经网络的研究取得了很大的进展, 且在工程中得到了广泛应用。神经网络的高度并行处理能力, 良好的非线性映射能力和可用于优化计算的特点, 为实验的数据曲线拟合提供了一种有效的工具。对此本文提出了运用 BP 神经网络方法^[2]进行红外测温系统温度标定数据曲线的拟合。

作者简介: 刘缠牢 (1962 -), 男, 副教授, 光学博士, 主要从事光电检测技术研究。E-mail: lcb123@sohu.com

收稿日期: 2006-02-23

2 BP神经网络的原理^[3-5]

神经网络通过自行调节神经元之间的连接权重,因而具有自学习、自适应信息的并行处理能力等特性,广泛用于图像处理、模式识别、信号处理、智能控制等方面。

BP神经网络的结构包含网络的层次和各个层次神经元的数目等。网络的结构虽然和所用的算法有关,但根据实际的应用情况是可以调整和改进的。由于变量及其重要程度不同,改进网络的结构对运行效率有很大的影响,一个好的网络结构能提高运算的精度,缩短学习时间。输入和输出层的神经元个数一般由输入和输出变量的个数决定,而隐层的神经元个数跟输入层及输出层的神经元个数有关。一般情况下输入层、单个隐层和输出层的神经元个数基本相等或呈金字塔结构时,BP模型的运行效果较好。

神经网络由大量神经元相互连接而成,其内部结构可能是很复杂的,但从外部来看,可以将神经网络看作是一个黑箱,它实现了从输入到输出之间的映射。由于各神经元之间相互制约、相互影响,输入与输出之间具有高度的非线性,因而可用于函数逼近和曲线拟合。已经证明一个 3 层的具有非线性 sigmoid 型激活函数的网络,可以以任意精度逼近非线性连续函数表示。

3 实验数据分析

我们对每一温度点进行了多组实验数据的采集,经多组数据处理后,计算出它们的算术平均值,如表 1 所示。校核算术平均值及其残余误差,判断了有无系统误差和粗大误差的存在,最后计算出极限误差的算术平均值为: ± 0.87785 。

表 1 温度与灰度对应关系实验数据
(环境温度:摄氏 20 °C)

温度 (K)	295	297	299	301	303	305	307	309	311	313	315
灰度	66.2	70.6	76.2	83.6	85.8	91.2	100.2	107.6	115.4	132	138
温度 (K)	317	319	321	323	325	327	329	331	333	335	337
灰度	145.6	152.8	165	171.6	183.2	190.6	204.2	211.6	223.2	237.8	243

曲线拟合的一般思路:线性问题,根据最小二乘原理,将问题转化为线性方程组的求解;非线性问题,如果可以通过某些数学变换化成线性,通常优先采用变换,不能化为线性的要借助于求解非线性方程组或最优化理论来解决。如果实际工作中对理论模型没有要求的情况下,则神经网络是快捷、实用的

新型方法,可以达到较高的拟合精度。

将神经网络学习和模拟结果用于有理论模型的曲线拟合中,可以使问题更易于解决。在对要求精度允许的范围内,它是一种直观、有效的曲线拟合思路。下面通过 BP神经网络和最小二乘法两种实验方法,对表 1 的数据进行曲线拟合。由于实际工作中需要根据灰度计算出温度,所以函数以灰度 g 为自变量,温度 t 为变量,并且温度由 K 氏转化为摄氏温度。

对于实验 1,由于尚无解析表达式,我们用即神经网络算法对数据的因果关系进行逼近。所采用的网络结构为 1 5 1,第一层采用正切 S 型神经元,第二层采用线型神经元,训练次数为 500 次后的拟合曲线为图 1 所示。

对于实验 2,已知解析表达式 $g = at^2 + bt + c$,通过最小二乘法对数据进行拟合,计算出 $a = -0.0004$, $b = 0.3458$, $c = 0.2674$ 。拟合曲线如图 2 所示。

为了分析拟合的效果优劣,可以用剩余平方和与剩余标准差二个参数的大小来评价拟合的效果,这两个参数越小越好。分析结果如表 2 所示。

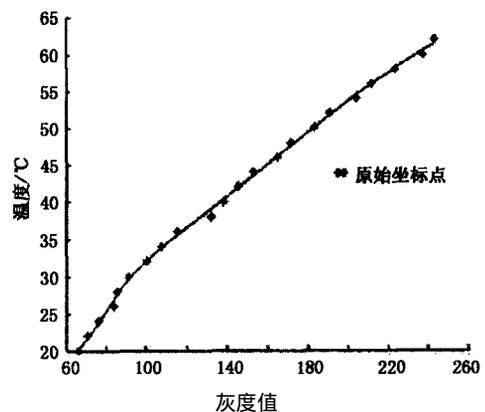


图 1 BP神经网络拟合曲线

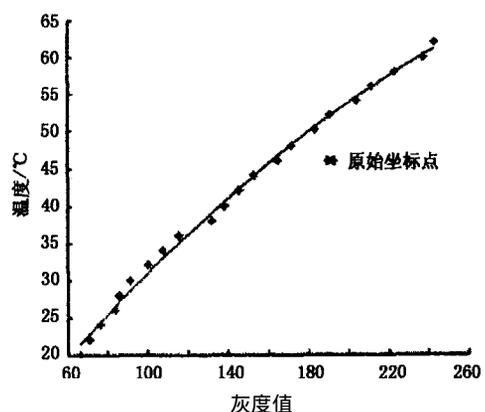


图 2 最小二乘法拟合曲线

(下转第 667 页)

需要对目标进行多次倍增处理的时候,外推处理技术的优势更加明显;

2)不同的图像和处理目标,处理效果不完全相同。我们主要针对红外热像仪信号进行处理,观察的主要是远方的目标,在这样的基础上对于远处几厘米尺寸比较小的目标,经过像素倍增处理之后可以更详细、更真切地被观察和识别,处理效果明显;

3)任何算法在发挥其作用的同时都有一定的局限性,对于细节比较多的目标来说,本处理方法仍出现了不足之处。那就是由于倍增像素灰度级的存在,图像在变得柔和并贴近自然的同时产生了平滑,部分细节变得模糊,从而影响了目标的识别。对此,我们必须进一步改进算法来减小图像处理中的消极作用;

4)算法改进措施可以从两个方面考虑:一方面是在进行倍增处理之前首先选定一个灰度差别域值,如果相邻像素灰度差别达到这个域值,我们可以选用传统倍增处理方法;另一方面是和图像边缘提取处理配合起来,将会得到更好的效果;

5)像素倍增技术不是孤立的红外焦平面处理技术,它是和其它图像处理技术相互配合共同发挥作用的,诸如:2D - TD 技术、直方图均衡技术、噪声处理技术等。它们共同组成了红外焦平面处理系统,本工作只是针对其中的一个模块。

参考文献:

- [1] 张保民. 成像系统分析导论 [M]. 北京:国防工业出版社, 1992
- [2] Wang Y. Real-time video displaying technique for LLL digital image accumulation [A]. Proc. SPIE, 1998, 3530: 199 - 202
- [3] 顾国华,冯国进,陈钱,等. 自适应虚拟电子微扫描红外焦平面像素倍增技术 [J]. 光电子技术, 2004, 24 (4): 243 - 245.
- [4] 吴豫,孟宪元. Flash编程器的 FPGA 实现 [J]. 半导体技术, 2003, 28 (5): 48 - 51.
- [5] 张少华. 红外焦平面阵列像素倍增技术研究 [D]. 南京:南京理工大学,硕士学位论文, 2003
- [6] Harris J G, et al Minimizing the "ghosting" artifact in scenebased Nonuniformity correction [A]. Proc. SPIE, 1998. 3377: 106 - 113.

(上接第 656页)

表 2 分析结果

灰度值	BP神经网络算法		最小二乘法	
	原始温度	最终温度值	原始温度	最终温度值
66.2	20	20.259	20	21.441
70.6	22	21.672	22	22.726
76.2	24	23.793	24	24.340
83.6	26	26.830	26	26.435
85.8	28	27.696	28	27.049
91.2	30	29.628	30	28.542
100.2	32	32.189	32	30.978
107.6	34	33.891	34	32.933
115.4	36	35.529	36	34.948
132.0	38	38.969	38	39.077
138.0	40	40.242	40	40.516
145.6	42	41.882	42	42.298
152.8	44	43.456	44	43.944
165.0	46	46.143	46	46.641
171.6	48	47.595	48	48.052
183.2	50	50.115	50	50.488
190.6	52	51.688	52	51.921
204.2	54	54.474	54	54.516
211.6	56	55.921	56	55.868
223.2	58	58.074	58	57.899
237.8	60	60.565	60	60.306
243.0	62	61.390	62	61.123
剩余平方和		3.937		19.029
剩余标准差		0.433		0.952

4 结 论

通过所做的实例验证了,采用 BP神经网络算法拟合实验曲线不需要预先知道待拟合曲线的方程形式,只需根据系统的输入值及其对应的输出值即可进行拟合。与最小二乘法拟合相比,BP神经网络算法拟合曲线的过程是全局寻优,拟合结果更加准确,尤其当变量间的非线性关系复杂,用最小二乘法不能拟合实验曲线时,该算法拟合实验曲线的优越性就更加突出了。

参考文献:

- [1] 郝继平,杜成功,黄平华. 红外标定理论计算与应用 [J]. 应用光学, 2004, 25 (2): 36 - 39.
- [2] 乔立山,王玉兰,曾锦光. 实验数据处理中曲线拟合方法探讨 [J]. 成都理工大学学报, 2004, 30 (1): 91 - 95.
- [3] 包健,赵建勇,周华英. 基于 BP网络曲线拟合方法的研究 [J]. 计算机工程与设计, 2005, 26 (7): 1840 - 1842
- [4] Elsken T Even on finite test sets smaller nets may perform better [J]. Neural Networks, 1997, 10 (2): 369 - 385.
- [5] Russell R. Pruning algorithms a survey [J]. IEEE Transaction on Neural Networks, 1993, 4 (5): 740 - 747.