

基于红外超声的九点校准的进化算法

李文靖 赵国彬 刘盈霖
(广东工业大学自动化学院 广州 510006)

摘要 现有交互式电子白板的坐标值往往不具备可移植性和灵活性,因此各项参数会随着时间的增长而发生变化,从而造成定位精度不够高。提出一种基于红外超声的九点校准进化算法,该算法对左右两边接收器获取到的数据进行去抖处理,计算出两边接收器的探头坐标,然后利用其中一个探头坐标建立映射坐标系,最后通过函数拟合进行小范围的精准微调,从而提高定位精度。经实验验证,基于红外超声的九点校准进化算法能够有效避免定位参数随着时间的变化而带来的误差。

关键词 电子白板,红外超声,九点校准,定位精度

中图法分类号 TP372 文献标识码 A

Evolutionary Algorithm of Nine Points Calibration Based on Ultrasonic Infrared

LI Wen-jing ZHAO Guo-bin LIU Ying-can

(School of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract Coordinate values of existing interactive electronic whiteboard often lack portability and flexibility. Therefore, the parameter varies with time and locating definition won't be high enough. Thus, a revolutionary algorithm of nine points calibration based on ultrasonic infrared was proposed. This kind of algorithm can deal with the fluctuant data received by the receivers on both sides, work out the coordinate values of the probes on the two receivers, set up the coordinate system using one of the coordinate values and make small-range accuracy adjustment through functional fitting so that the location will be more accurate. According to the experiment, the evolutionary algorithm of nine points calibration based on ultrasonic infrared is able to reduce errors efficiently when the locating parameter changes with time.

Keywords Electronic whiteboard, Ultrasonic infrared, Nine points calibration, Locating definition

1 引言

交互式电子白板^[1-3]以多渠道的教学内容呈现方式,将理论教学与直观教学有机结合,提高了教学质量和效率。而在教学实践中,虽然交互式电子白板技术日趋成熟,但受各种技术限制,其定位距离十分有限,所以传统板书仍然是常用教学手段^[4]。随着宽屏技术的兴起,在显示效果上已经能达到宽屏大范围,人们自然希望将交互式电子白板与宽屏显示结合起来。由于要实现精准定位,目前采用的是无校准直接三点定位^[5-7]、机器视觉校准技术^[8,9]和基于双屏幕的九点校准^[10-12]。但是这三者都有比较大的缺点,直接三点定位的算法和机器视觉校准技术精度不够并且宽度固定无法扩展,市面上采用直接三点定位的电子白板的屏幕范围主要是 2m * 1.5m; 基于双屏幕的九点校准算法是应用于两个屏幕的系统,但是由于其要设定接收设备两个探头的距离,这样在制作的过程中或者探头的位置移动时可能会带来较大的误差,降低了定位的精度。

本文提出一种基于红外超声^[13-15]的九点校准进化算法,本算法应用于超宽屏交互式电子白板,可以实现精准定位。

2 九点校准算法原理

在进行九点校准前,需要先利用三点校准^[16-18]求得左右

两边接收器探头的实际平面坐标,如图 1 所示。已知接收器两探头的距离为 d ,设探头 1 与第一列校准点的垂直距离为 a ,水平距离为 b ,第一列校准点与第二列校准点的距离为 c ,每列中的相邻校准点的距离为 e ,且接收器与水平方向的角度为 θ ,右边接收器探头坐标的求法同理。可列式如下:

$$\left. \begin{cases} a^2 + b^2 = L_1^2 \\ (a + d \sin \theta)^2 + (b + d \sin \theta)^2 = L_2^2 \\ a^2 + (b + c)^2 = L_3^2 \\ (a + d \sin \theta)^2 + (b + c + d \sin \theta)^2 = L_4^2 \\ (e - a)^2 + b^2 = L_5^2 \\ (a + d \sin \theta)^2 + (b + d \sin \theta)^2 = L_6^2 \end{cases} \right\} (1)$$

由式(1)可求得探头 1 的坐标 $(b - c/2, e/2)$ 和探头 2 的坐标 $(b + d \cos \theta - c/2, a + d \cos \theta - e/2)$ 。

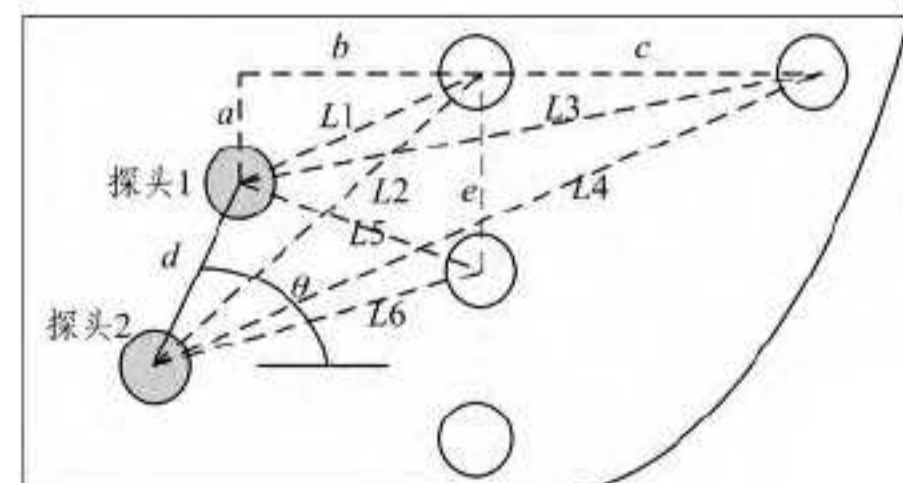


图 1 求取探头坐标图

本文受广东省教育部产学研合作专项资金(2012B091000075)资助。

李文靖(1993-),男,主要研究方向为嵌入式系统设计,E-mail:13580518403@163.com。

求得探头坐标后如图 1 所示,计算机屏幕上有 9 个校准点,其虚拟理想坐标^[7]为 $(x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_8, y_8)$, 对应的虚拟采样坐标^[7]为 $(\dot{x}_0, \dot{y}_0), (\dot{x}_1, \dot{y}_1), (\dot{x}_2, \dot{y}_2) \dots (\dot{x}_8, \dot{y}_8)$, 要使虚拟采样坐标通过平移、缩放、旋转逼近虚拟理想坐标, 则有: $x_0 = AX\dot{x}_0 + BX\dot{y}_0 + CX$, 则可列式

$$\begin{cases} x_1 = AX\dot{x}_1 + BX\dot{y}_1 + CX \\ x_2 = AX\dot{x}_2 + BX\dot{y}_2 + CX \\ x_3 = AX\dot{x}_3 + BX\dot{y}_3 + CX \\ x_4 = AX\dot{x}_4 + BX\dot{y}_4 + CX \\ x_5 = AX\dot{x}_5 + BX\dot{y}_5 + CX \\ x_6 = AX\dot{x}_6 + BX\dot{y}_6 + CX \\ x_7 = AX\dot{x}_7 + BX\dot{y}_7 + CX \\ x_8 = AX\dot{x}_8 + BX\dot{y}_8 + CX \end{cases} \quad (2)$$

由式(2)可求得校准系数 AX, BX, CX , 同理可得 Y 轴的校准系数 AY, BY, CY , 即可求得线性映射函数。

文献^[7]在基于双模块定位的超宽屏电子白板系统中采用双投双模块显示定位。左边接收器使用校准点 1 到校准点 6 进行校准, 右边接收器使用校准点 4 到校准点 9 进行校准。

3 基于红外超声的九点校准进化算法

基于红外超声的九点校准进化算法主要由采集数据、数据处理、计算探头坐标、建立映射坐标系和函数拟合组成。算法的流程框图如图 2 所示。



图 2 九点校准进化算法流程图

1) 采集数据

通过红外超声模块可采集到探头位置到落笔点位置的距离。

2) 数据处理

由于电子笔发出超声波时会发生一定程度的抖动, 使得电子笔在每个落笔处产生了多个距离数据, 为了降低因抖动而产生的数值误差, 需要对距离数据进行平均数值的处理。

3) 探头坐标计算

首先, 需要解决的是如何得到投影区域的宽度 W 和高度 H 的实际数据, 如图 3 所示。图中 18 个校准点是校准程序根据电脑屏幕分辨率均匀分布在屏幕 18 个位置, 校准点 1—9 校准左边的接收设备, 校准点 10—18 校准右边的接收设备。其水平或垂直的间距是相等的, 已知垂直的间距 d 与屏幕高度成一固定的比例关系: $H=3d$; 水平的间距 e 与屏幕的宽度也成固定的比例关系: $W=6e$; 故只要得到 d 的值便可直接确定 H 和 W 的值。另外, S_1, S_2, S_3 3 个数值可通过红外超声波技术得到, 由兰伯特余弦定律可以得到:

$$\begin{cases} S_3^2 = S_1^2 + 4d^2 - 2S_1 * 2d * \cos\theta \\ S_2^2 = S_1^2 + d^2 - 2S_1 * d * \cos\theta \end{cases} \quad (3)$$

由式(3)进一步演算可得:

$$H = \sqrt{\frac{1}{2}(S_1^2 + S_3^2 - 2S_2^2)} \quad (4)$$

式(4)确定了实际投影区域的高度 H , 同理可得到 W 的值, 不再赘述。求得 H 和 W 后即可算出各校准点的坐标:

校准点 1($W/12, H/6$); 校准点 2($W/12, 3 * H/6$); 校准点 3($W/12, 5 * H/6$); 校准点 4($3 * W/12, H/6$); 校准点 5($3 * W/12, 3 * H/6$); 校准点 6($3 * W/12, 5 * H/6$); 校准点 7($5 * W/12, H/6$); 校准点 8($5 * W/12, 3 * H/6$); 校准点 9($5 * W/12, 5 * H/6$); 校准点 10($7 * W/12, H/6$); 校准点 11($7 * W/12, 3 * H/6$); 校准点 12($7 * W/12, 5 * H/6$); 校准点 13($9 * W/12, H/6$); 校准点 14($9 * W/12, 3 * H/6$); 校准点 15($9 * W/12, 5 * H/6$); 校准点 16($11 * W/12, H/6$); 校准点 17($11 * W/12, 3 * H/6$); 校准点 18($11 * W/12, 5 * H/6$);

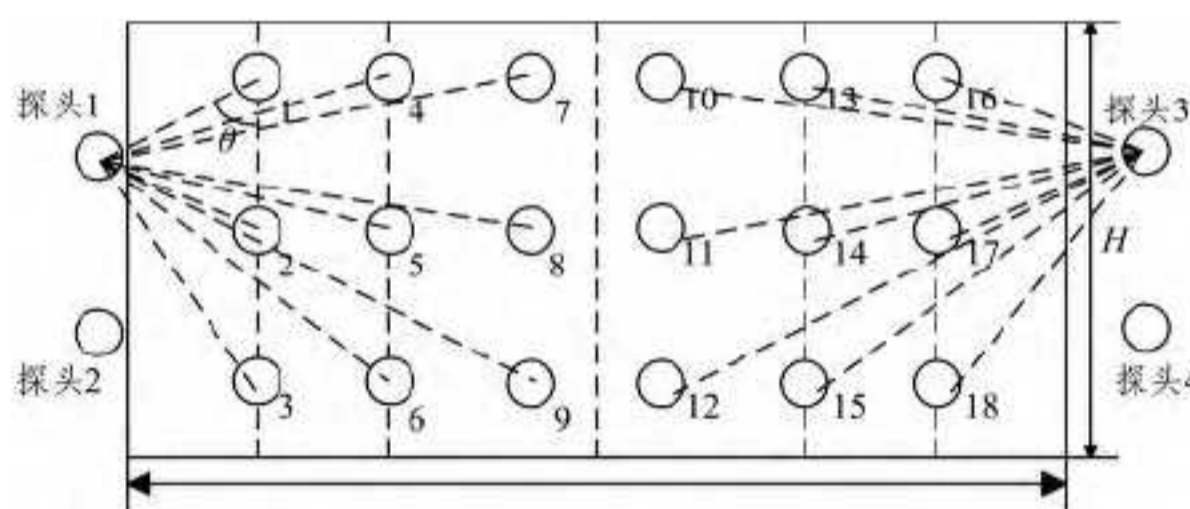


图 3 左右接收器探头校准图

在多个校准点中任取两个校准点。如图 3 所示, 校准点 1 和校准点 2 经过上述方法计算后实际坐标被确定下来, 设探头 1 的坐标为 (x, y) , 探头 2 的坐标为 (x', y') , 则利用两点间距离公式可得:

$$\begin{cases} (x - W/12)^2 + (y - H/6)^2 = S_1^2 \\ (x - W/12)^2 + (y - H/6)^2 = S_2^2 \end{cases} \quad (5)$$

由式(5)可求得探头 1 的实际坐标 (x, y) , 同理可求出探头 2 的实际坐标 (x', y') 。

假设有 n 个校准点, 则通过上述方法可得到 C_n^2 组探头 1 和探头 2 的实际坐标数据。根据 C_n^2 组探头 1 和探头 2 的实际坐标数据进行筛选, 可减小探头坐标误差, 从而确定探头的最终坐标。

4) 映射坐标系建立

经过上述方法计算后, 探头 1 和探头 2 的实际坐标被确定下来, 设探头 1 与探头 2 间的距离为 L , 则由两点间距离公式可得到两个探头间的距离 L 。

$$L = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2} \quad (6)$$

由式(6)可知, 根据实际使用过程中探头 1 与探头 2 的相对位置, 下面分两种情况进行映射坐标系的重建(由于实际应用时探头 1 与探头 2 的位置不可能完全处于同一水平线或同一垂直线上, 故此不予考虑):

①如图 4 所示, 以探头 1 为坐标原点, 其水平方向为 x 轴, 垂直方向为 y 轴, 建立映射直角坐标系。设 L 与 y 轴的夹角为 α , L 与 S_1 的夹角为 β , 探头 2 到校准点 1 的距离为 S_1' , 则:

$$\begin{cases} \tan \alpha = \frac{x - x'}{y - y'} \\ \cos \beta = \frac{L^2 + S_1^2 - S_1'^2}{2 * L * S_1} \end{cases} \quad (7)$$

由式(7)可求出 α 和 β , 则在映射直角坐标系中校准点 1 的新坐标为:

$$\begin{cases} x_1' = S_1 \cdot \sin(\beta - \alpha) \\ y_1' = -S_1 \cdot \cos(\beta - \alpha) \end{cases} \quad (8)$$

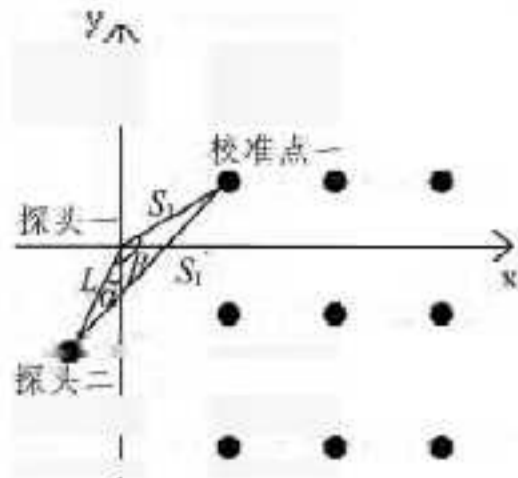


图 4 探头 1 映射直角坐标系

②如图 5 所示,以探头 2 为坐标原点,其水平方向为 x 轴,垂直方向为 y 轴,建立映射直角坐标系。设探头 2 到校准点 1 的距离为 S_1' , L 与 y 轴的夹角为 γ , L 与 S_1 的夹角为 δ , 与式(1)同理可得,在映射直角坐标系中校准点 1 的新坐标为:

$$\begin{cases} x_1' = S_1' \cdot \sin(\delta - \gamma) \\ y_1' = S_1' \cdot \cos(\delta - \gamma) \end{cases} \quad (9)$$

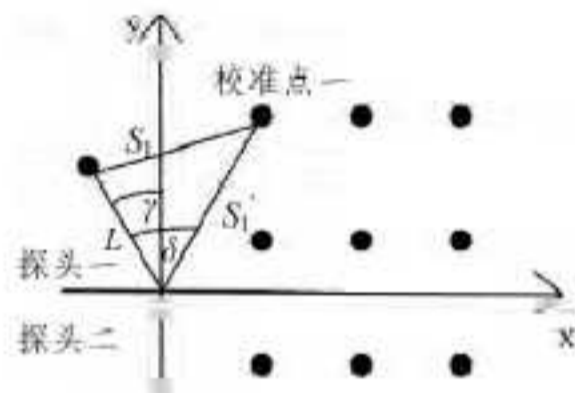


图 5 探头 2 映射直角坐标系

5) 函数拟合

经过上述方法计算后,每个校准点在映射坐标系的坐标被确定下来,映射坐标系与计算机屏幕坐标系之间存在一定的线性映射,经过线性映射变换后,就可以知道投影校准点在计算机屏幕坐标系中的映射坐标。再利用多个校准点的映射坐标与屏幕理论坐标可建立起两者间的拟合函数,从而进一步减小误差,提高精度。

4 实验结果

4.1 实验环境

本实验环境为:在 $4m \times 2m$ 的超宽屏电子白板上进行双模块左右两边各九点校准,左接收设备的探头 1、2,采用校准点 1 到校准点 9 进行校准;右接收设备的探头 3、4,采用 10—18 校准点进行校准。计算机屏幕分辨率为 2560×1024 。

4.2 性能分析及结果

该算法校准测试结果如表 1 和表 2 所列。

表 1 探头 1、2 校准结果

校准点	理想坐标	校准前坐标	校准后坐标	校准前误差	校准后误差
1	(213,171)	(223,176)	(212,169)	(10,5)	(1,2)
2	(213,512)	(225,519)	(212,510)	(12,7)	(1,2)
3	(213,853)	(228,863)	(210,850)	(15,10)	(3,3)
4	(640,171)	(631,161)	(642,172)	(9,10)	(2,1)
5	(640,512)	(648,519)	(641,513)	(8,7)	(1,1)
6	(640,853)	(652,856)	(640,853)	(12,3)	(1,0)
7	(1067,171)	(1076,180)	(1066,170)	(9,9)	(1,1)
8	(1067,512)	(1079,520)	(1071,513)	(12,8)	(4,1)
9	(1067,853)	(1084,861)	(1065,850)	(17,8)	(2,3)

表 2 探头 3、4 校准结果

校准点	理想坐标	校准前坐标	校准后坐标	校准前误差	校准后误差
1	(1493,171)	(1483,163)	(1495,173)	(10,8)	(2,2)
2	(1493,512)	(1501,521)	(1495,515)	(13,15)	(2,3)
3	(1493,853)	(1483,842)	(1491,851)	(10,11)	(2,2)
4	(1920,171)	(1939,183)	(1919,171)	(10,8)	(2,0)
5	(1920,512)	(1933,531)	(1916,510)	(13,19)	(4,2)
6	(1920,853)	(1930,863)	(1921,854)	(10,10)	(1,1)
7	(2347,171)	(2339,165)	(2349,172)	(12,15)	(2,1)
8	(2347,512)	(2336,503)	(2345,509)	(9,9)	(2,3)
9	(2347,853)	(2336,843)	(2346,851)	(9,10)	(1,2)

表 1 和表 2 为各探头校准前后坐标及误差结果。根据表 1 和表 2 可以得出,通过本文算法校准后,误差明显降低,且稳定性更高,定位更加精准。

通过对两个表中校准后误差的比较,可得出一个校准后误差/校准前误差曲线图,如图 6 所示。

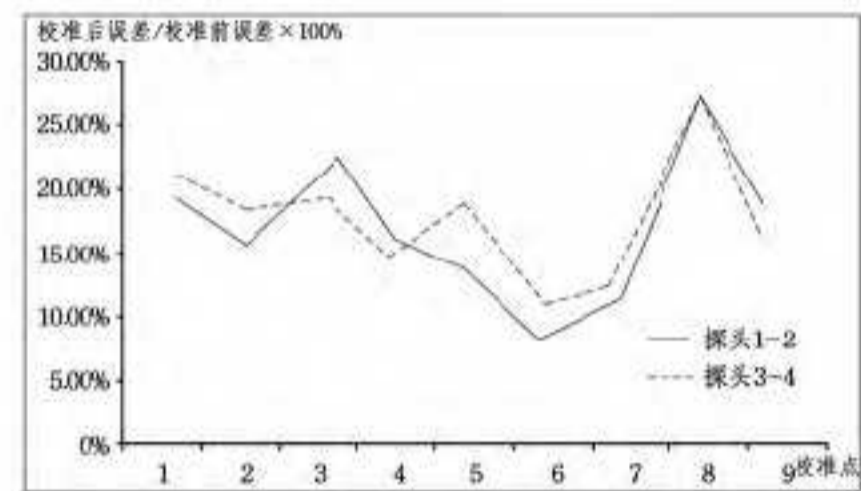


图 6 校准后误差/校准前误差曲线图

根据图可以看出,两个表在应用算法后左边校准设备和右边校准设备的误差范围基本一致,精度提高的程度相当。该算法校准测试效果如图 7 所示。

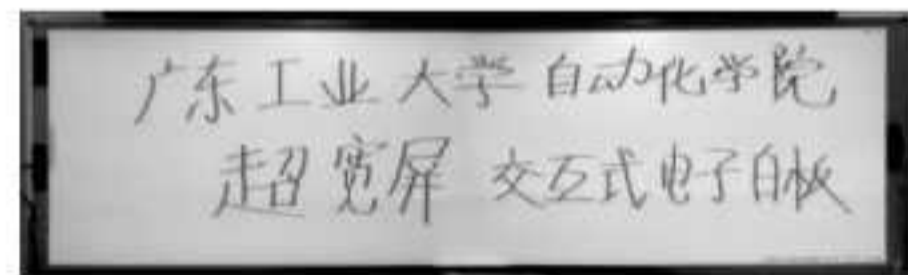


图 7 算法校准测试效果图

结束语 针对超宽屏交互式电子白板的校准问题,本文采用三点定位和建立映射坐标系的设计思路,提出了一种基于红外超声的九点校准进化算法。实验结果表明,利用本算法解决了在传统的教学黑板^[19]超宽屏范围内的校准不精确的问题,确保了书写的实用性和可靠性,有利于超宽屏交互式电子白板的推广和使用。基于红外超声的九点校准进化算法可应用于超宽屏交互式电子白板,也可应用在不同材质的宽屏定位。

参考文献

- [1] 汤亢亢. 基于电子双屏白板的教学资源开发与应用[D]. 武汉: 华中师范大学学报, 2013
- [2] 邓方华, 邹毅, 高飞燕. 基于超声测距的基于超声波测距的交互电子白板系统设计[J]. 仪表技术, 2010, 2: 46-48
- [3] 袁铭, 肖慧荣, 张君, 等. 基于超声红外电子白板系统设计[J]. 电子设计, 2010, 09: 163-165
- [4] 黄小辉, 张兴超, 刘献忠. 交互式电子白板的坐标转换算法[J]. 计算机工程, 2010, 20: 259-161
- [5] 张君, 肖慧, 袁铭. 基于超声红外的电子白板硬件电路设计和定位算法研究[J]. 计算机系统应用, 2009, 5: 34-37
- [6] 王丁, 闫瑶, 张廷宇. 触摸屏校准的一种通用算法[J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(2): 116-117

(下转第 142 页)

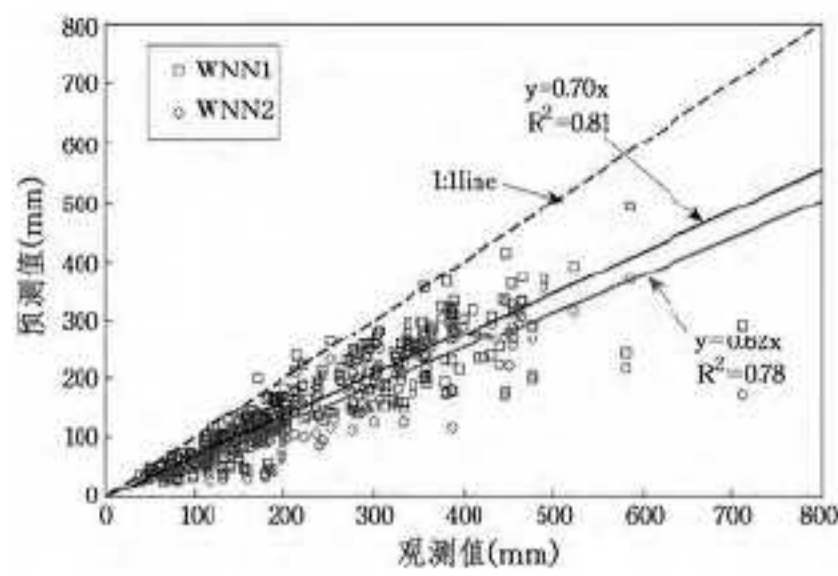


图 8 两种预测方法对最大正距平月的预测值与实测值的比较

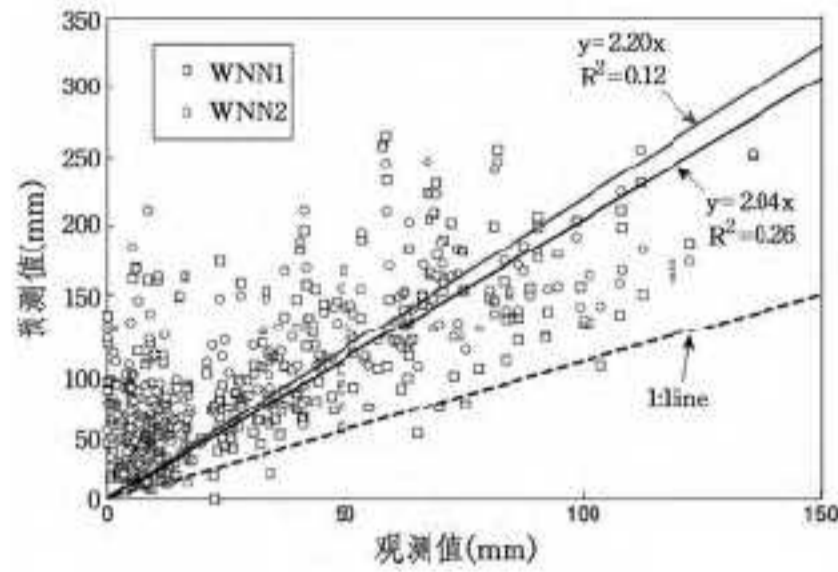


图 9 两种预测方法对最大负距平月预测值与实测值的比较

结束语 本文介绍了基于粒子群优化的小波多神经网络模型,并将其用于预见期为 1 月的洞庭湖流域 27 个站点月降水量的预测,并与基于粒子群优化的小波单神经网络模型相比较。在研究区域内,小波多神经网络的预测值与实测值之间的 Nash-Sutcliffe 系数的平均值为 0.68,相对误差平均为 0.34。相比小波单神经网络,Nash-Sutcliffe 系数提升了 0.01~0.22,相对误差减少了 0.01~0.1。这表明,WNN1 通过数据预处理阶段,将预测因子时间序列分解为高频和低频子时间序列,并应用多个神经网络在不同频率下训练和预测标准化月降水量的子时间序列,使得原始时间序列中所包含的月降水量信息能更加充分地被不同的神经网络所利用。实验结果表明,基于粒子群算法优化的小波多神经网络的月降水量预测精度总体高于小波单神经网络的预测精度,且对于极端月降水量的预测精度也有不错的提升。

参考文献

[1] 李景保,王克林,杨燕,等.洞庭湖区 2000 年~2007 年农业干旱灾害特点及成因分析[J].水资源与水工程学报,2008,19(6):1-5
 [2] He X G, Guan H D, Zhang X P, Simmons C T. A wavelet-based multiple linear regression model for forecasting monthly rainfall[J]. International Journal of Climatology, 2014, 34(6): 1898-

1912
 [3] Power S,Plummer N,Alford P. Making climate model forecasts more useful [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 2007,58:945-951
 [4] Karamouz M,Razavi S,Araghinejad S. Long-lead seasonal rainfall forecasting using time-delay recurrent neural networks: A case study [J]. Hydrological Processes,2008,22:229-241
 [5] Hartmann H, Becker S, King L. Predicting summer rainfall in the Yangtze River basin with neural networks [J]. International Journal of Climatology,2008,28:925-936
 [6] Sahai A K,Somaná M K,Satyan V. All India summer monsoon rainfall prediction using an artificial neural network [J]. Climate Dynamics,2000,16:291-302
 [7] Abbot J,Marohasy J. Application of artificial neural networks to rainfall forecasting in Queensland, Australia [J]. Advances in Atmospheric Sciences,2012,29(4):717-730
 [8] Ramana R V,Krishna B,Kumar S R, et al. Monthly rainfall prediction using wavelet neural network analysis [J]. Water Resource Manage,2013,27:3697-3711
 [9] Sheikhan M,Mohammadi N. Time series prediction using PSO-optimized neural network and hybrid feature selection algorithm for IEEE load data[J]. Neural Computation and Application, 2013,23:1185-1194
 [10] Shaban K,El-Hag A,Matveev A. A cascade of artificial neural networks to predict transformers oil parameters [J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2009, 16(2):516-523
 [11] 张剑明,黎祖贤,章新平,等.湖南省近 46 年来降水时空分布特征及趋势分析[J].水文,2009,29(4):73-78
 [12] 邓伟涛,孙照渤,曾刚,等.中国东部夏季降水型的年代际变化及其与北太平洋海温的关系[J].大气科学,2009,33(4):835-844
 [13] Saji N H,Goswami B N,Vinayachandran P N. A dipole mode in the tropical Indian Ocean[J]. Nature,1999,401(6571):360-363
 [14] 杨霞,管兆勇,朱保林. IOD 对 ENSO 影响中国夏季降水和气温的干扰作用[J].南京气象学院学报,2007,30(2):170-177
 [15] Wang H J, Fan K. Central-North China precipitation as reconstructed from the Qing Dynasty: Signal of the Antarctic Atmospheric Oscillation[J]. Geophysical Research Letters,2005
 [16] 武炳义,卞林根,张人禾.冬季北极涛动和北极海冰变化对东亚气候变化的影响 [J]. Chinese Journal of Polar Research,2004,16(3):211-220
 [17] 王永波,施能.夏季北大西洋涛动与我国天气气候的关系 [J]. 气象科学,2003,21(3):271-278
 [18] 何丽,吴宜进,但长军,等.近百年全球气温变化对长江流域旱涝灾害的影响 [J]. 中国农业气象,2007,28(4):364-366

(上接第 127 页)

[7] Karu K,Jain A. Fingerprint Classification [J]. Pattern Recognition,1996,29(3):389
 [8] 王军.机器视觉技术在电子白板中的应用及嵌入式软件设计 [D].成都:电子科技大学,2011
 [9] 何浩,龙森,王晓婷等.电子白板系统中基于机器视觉的目标识别技术[C]//第十五届计算机工程与工艺年会暨第一届微处理器技术论坛文集, A 辑.长沙:国防科技大学出版社,2011:373-377
 [10] 关富敏,杜玉晓,陈崇义,等.基于双模块定位的超宽屏电子白板 [J].电子世界,2014,11:139-140
 [11] 朱维宁,任明武.基于红外图像的人眼定位算法[J].计算机工程与设计,2014,5:1717-1721
 [12] Wong K. Electromagnetic Emission Based Monitoring Technique for Polymer ZnO Surge Arresters [J]. IEEE Transaction on Di-

electrics & Electrical Insulation,2006,13(1):181-190
 [13] 祝思文.基于宽带超声传感器的定位系统的研究[D].合肥:安徽大学,2007
 [14] 原玉磊,王安健,蒋理兴.一种使用红外线和超声波的定位技术 [J].电子测量技术,2008,31(10):15-17
 [15] 李国华,刘宝玲,沈树群.基于超声波技术的 3D 定位系统研制 [J].计算机测量与控制,2005(9):926-928
 [16] 张起贵,秦城.电磁感应式电子白板关键技术研究[J].电子器件,2013,1:54-57
 [17] 徐杨,乔卫民,赵中.基于 AT91RM9200 的触摸屏驱动及三点校正算法[J].嵌入式软件应用,2007,23:73-75
 [18] 何世杰.S3C2410 的触摸屏驱动开发及校准算法[J].电脑知识与技术,2010,6(19):5321-5322
 [19] 杨娟.在英语教学中感受电子白板的魅力[J].科教导刊,2013(15)