

粒子群优化算法训练模糊神经网络

王世卫 李爱国

(西安科技大学计算机科学与技术系 西安 710054)

摘要 研究合适的神经网络学习算法是令人感兴趣的问题。提出一种用粒子群优化(PSO)算法训练模糊神经网络的方法。PSO 的位置向量对应模糊神经网络的权值向量,而 PSO 的适应函数对应模糊神经网络的目标函数,然后通过演化 PSO 达到训练模糊神经网络的目的。用 PSO 算法训练模糊神经网络预测混沌时间序列的实验结果表明:PSO 算法性能优良,适合训练模糊神经网络。

关键词 粒子群 优化 模糊 神经网络

Training Fuzzy Neural Networks Using Particle Swarm Optimizer

Wang Shiwei Li Aiguo

(Department of Computer Science and Technology, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract Training artificial neural networks is one of the interesting research fields in artificial neural networks society. In order to improve performances of fuzzy neural networks (FNN), a method of training FNN using particle swarm optimizers (PSO) is proposed. Position vector of a PSO is wight vector of trained FNN, and fitness function of the PSO is object function of trained FNN, the FNN is then trained by evolving the PSO. The experimental results that train fuzzy neural networks with PSO for predicting chaotic time series are good.

Key words Particle swarm Optimization Fuzzy Neural network

1 引 言

Maguire 等人提出的模糊神经网络 FNN(Fuzzy Neural Networks)是一类特点鲜明的神经网络结构,并在混沌时间序列预测中效果不错^[1]。但是 FNN 用误差逆传播算法训练,有泛化能力不强的缺点,因此有必要研究其它的学习算法训练 FNN。

粒子群优化(Particle Swarm Optimizer, PSO)算法是一类新兴的随机全局优化技术^[2,3]。文献[4]研究了用 PSO 算法训练积单元神经网络取得了良好的效果。故 PSO 算法是有竞争力的神经网络学习算法。但将 PSO 算法用于训练其它结构的神经网络的研究尚不多见。因此这里研究用 PSO 算法训练 FNN。实验结果说明 PSO 算法适合训练 FNN,并且也有望应用于其它种类的前向神经网络的训练。

2 PSO 算法^[2,3]

D 维的搜索空间中,有 m 个粒子,其中第 i 个粒子的位置是 $\vec{x}_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$, $i=1, 2, \dots, m$, 速度为 $\vec{v}_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})$ 。将 \vec{x}_i 带入目标函数计算出其适应值,根据适应值衡量 \vec{x}_i 的优劣。记第 i 个粒子搜索到的最优位置为 $\vec{p}_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})$, 整个粒子群搜索到的最优位置为 $\vec{p}_g = (p_{g1}, p_{g2}, \dots, p_{gD})$ 。粒子状态更新操作如下:

$$v_{id} = wv_{id} + c_1r_1(p_{id} - x_{id}) + c_2r_2(p_{gd} - x_{id}) \quad (1)$$

$$x_{id} = x_{id} + v_{id} \quad (2)$$

其中, $i=1, \dots, m$, $d=1, \dots, D$; w 是非负数,称为惯性因子, w 既可以取定值,也可以随着迭代的进行而线性地减小 w 的值;学习因子 c_1 和 c_2 是非负常数; r_1 和 r_2 是 $[0, 1]$ 之间的随机数; $v_{id} \in [-x_{\max}, v_{\max}]$; v_{\max} 是常数,由用户设定。迭代中止条件一般选为最大迭代次数或(和)粒子群迄今为止搜索到的最优位置满足适应

阈值。

3 PSO 算法训练 FNN

用 PSO 算法训练模糊神经网络(FNN)预测混沌时间序列。FNN^[1]是一种 3 层结构的前向网络,其隐层节点的激活函数为:

$$O_i=\exp[-(w_{ij}x_j+w_i)^2]$$
 (3)

其中: O_i 是第 i 个隐层节点的输出; w_{ij} 是第 j 个输入单元和第 i 个隐层节点之间的连接权; w_i 是输入偏置和第 i 个隐层节点之间的连接权。输出层的节点是线性求和单元。

Mackey-Glass 混沌系统的微分方程为:

$$\frac{dy}{dt}=\frac{0.2y(t-\tau)}{1+y^{10}(t-\tau)}-0.1y(t)$$
 (4)

现取 $\tau=30$,初始条件 $y(0)=1$,用欧拉算法得到 1200 个数据组成一个序列。取前 250 个数据为训练集,后 950 个数据为测试集。

在实验中,PSO 算法的参数固定取粒子数为 20; $c_1=c_2=2$, w 随迭代次数由 0.7 线性地减小为 0.3;迭代次数取 100 次。取 $\alpha_0=0.001$;FNN 的拓扑结构为 7-18-1。实验结果见表 1,其中 NRMSE_t 表示训练集的正规化均方很误差,NRMSE_c 表示测试集的正规化均方根误差。图 1、图 2 和图 3 分别是 1 步、2 步和 3 步预测结果。

分析实验结果可知,用 PSO 算法训练模糊神经网络的效果是可行的。注意到测试集远远大于训练集,因此网络的泛化效果良好。

表 1 预测结果

预测步长 T	NRMSE _t	NRMSE _c
1	0.1030	0.0898
2	0.1814	0.1611
3	0.2121	0.1977

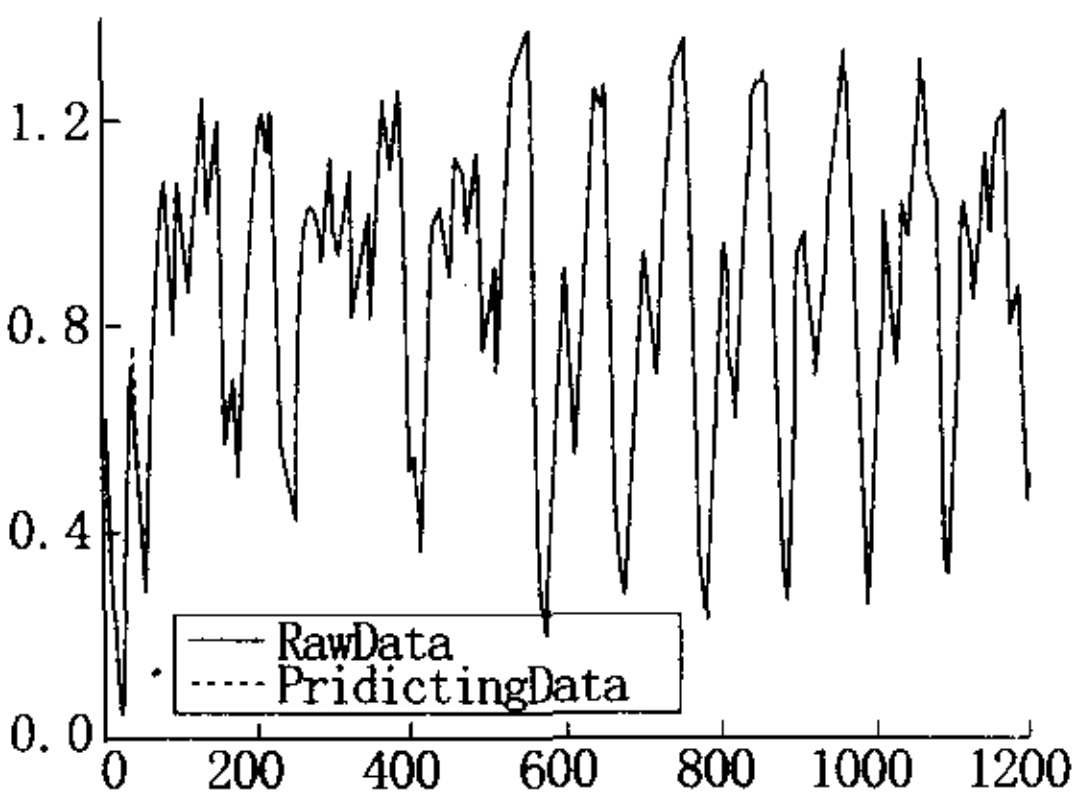


图 1 单步预测结果

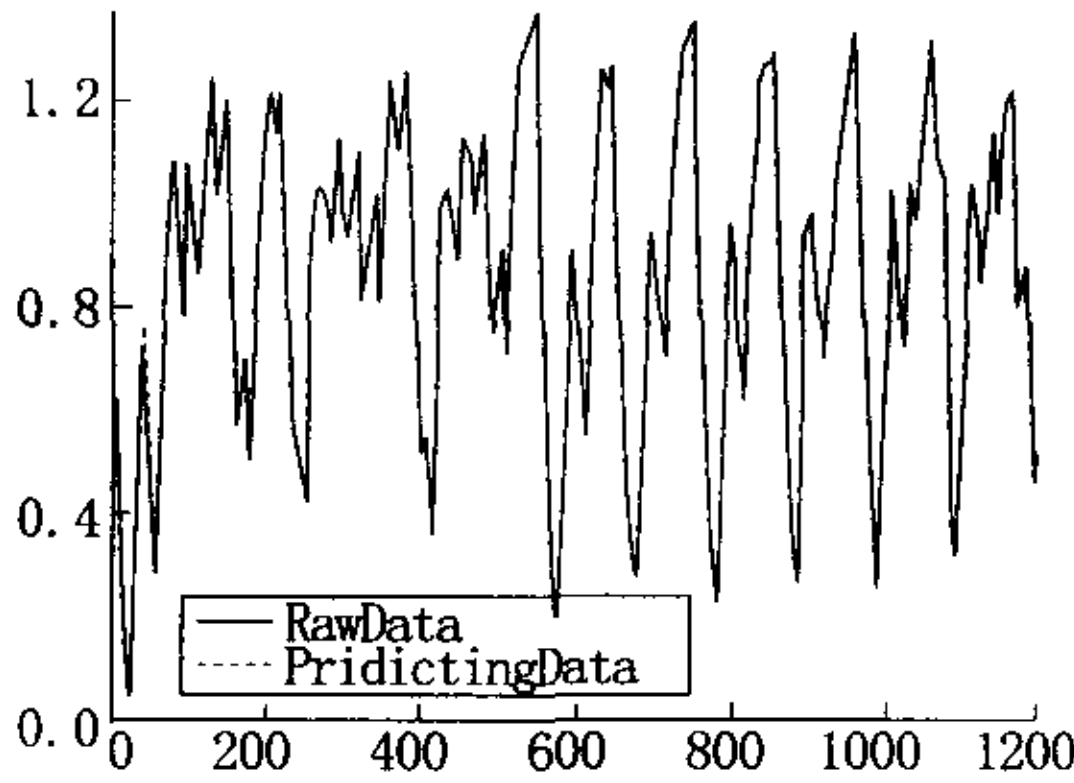


图 2 2 步预测结果

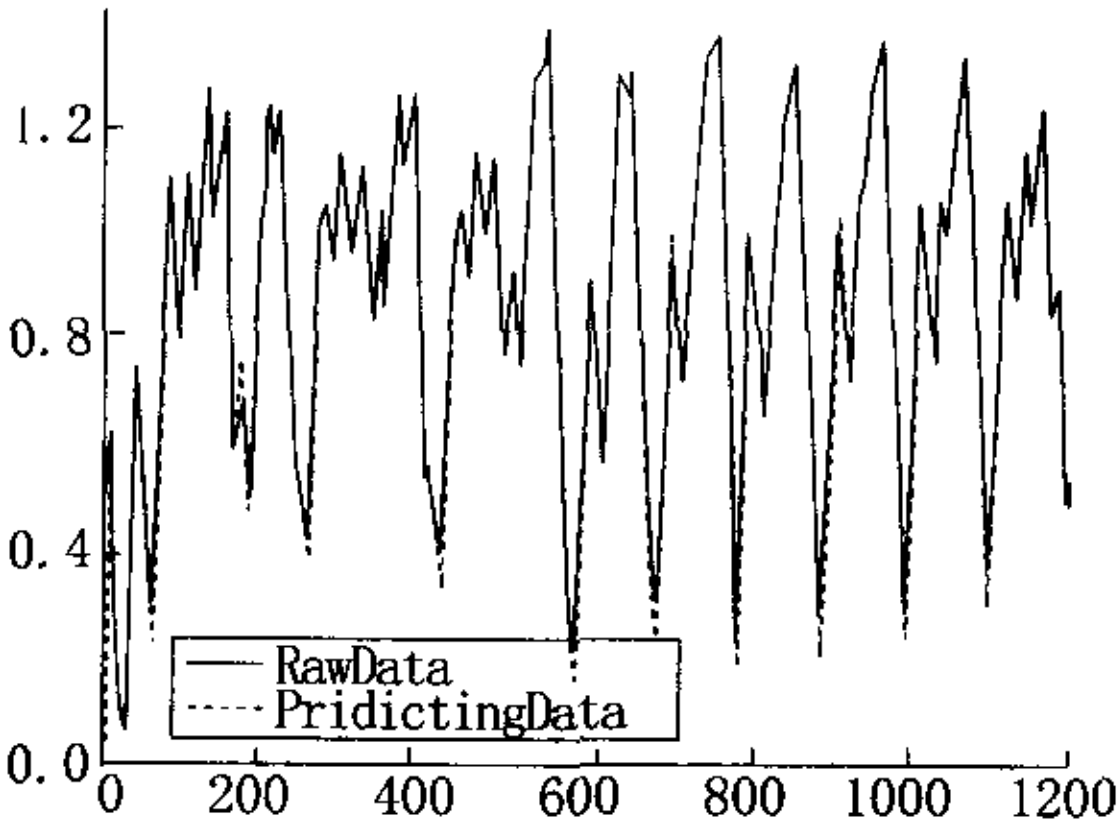


图 3 3 步预测结果

4 结 论

为克服用 BP 算法训练 FNN 网络时遇到的网络泛化能力不强的问题,在此研究用 PSO 算法训练 FNN。用 PSO 训练模糊神经网络预测混沌时间序列的实验结果表明,PSO 算法性能优良,适合训练模糊神经网络。

参考文献

1 Maguire L P, Roche B, McGinnity T M,McDaid L J. Predicting a chaotic time series using a fuzzy neural network. Information Sciences, 1998,112:125~136.

2 Kennedy J, Eberhart R. Particle swarm optimization. IEEE Int’l Conf. on Neural Networks,1995,4:1942~1948.

3 李爱国,覃征,鲍复民,贺升平. 粒子群优化算法. 计算机工程与应用,2002,38(21):1~3,17.

4 李爱国,覃征. 积单元网络预测噪声混沌时间序列. 西安科技学院学报,2003,23(3):295~297.