

神经网络

Neural Networks

第六章

径向基函数神经网络

史忠植

中国科学院计算技术研究所
<http://www.intsci.ac.cn/>

内容提要

- **6.1 概述**
- **6.2 径向基函数数学基础**
- **6.3 径向基函数网络结构**
- **6.4 RBF网络算法分析**

RBF神经网络

- 径向基函数神经网络（radial basis function neural network, RBFNN）
- RBF神经网络是基于人脑的神经元细胞对外界反应的局部性而提出的新颖的、有效的前馈式神经网络，具有良好的局部逼近特性。它的数学理论基础成形于1985年由Powell首先提出的多变量插值的径向基函数，1988年被Broomhead和Lowe应用到神经网络设计领域，最终形成了RBF神经网络。

RBFNN的结构

RBF神经网络是一种三层前馈神经网络。第一层为输入层，由信号源节点构成，将网络与外界环境连结起来，节点数由输入信号的维数确定；第二层为隐含层（径向基层），其节点由径向基函数构成，实现输入空间到隐层空间的非线性变换；第三层为输出层（线性层），对输入模式做出响应，其节点由隐含层节点给出的基函数的线性组合来计算。

RBFNN的结构

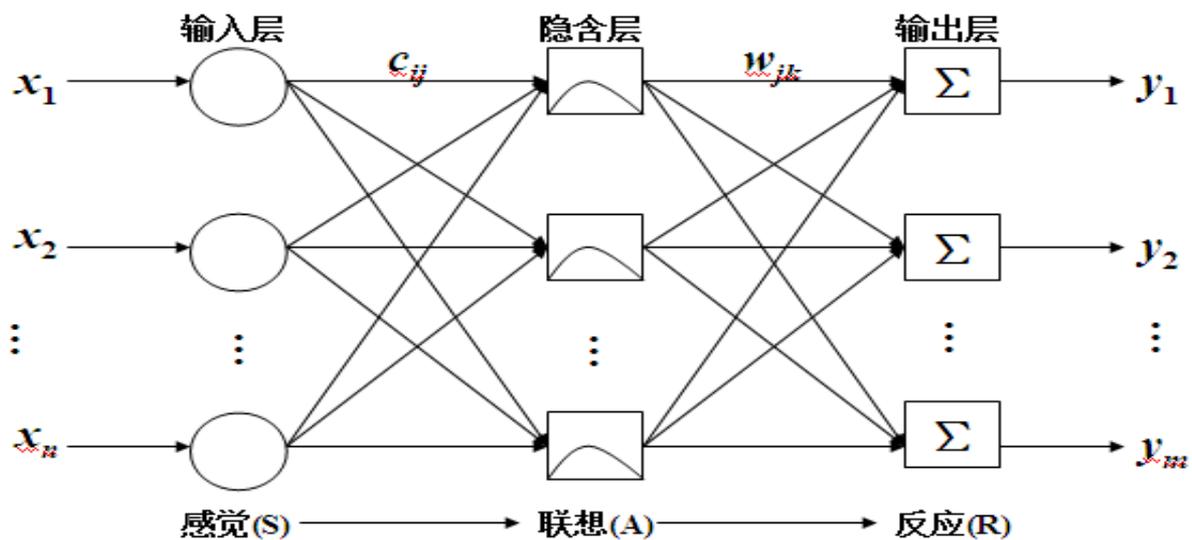


图8.1 RBF神经网络的结构

常用的径向基函数

- 高斯函数（Gaussian Function）

- 多二次函数（Multiquadratic Function）
$$\phi_i(x) = \exp\left(-\frac{\|x - c_i\|^2}{2\sigma_i^2}\right) \quad i = 1, 2, \dots, h$$

- 逆二次函数（Reciprocal Multiquadratic Function）
$$\phi_i(x) = (\|x - c_i\|^2 + \sigma^2)^{-1/2} \quad i = 1, 2, \dots, h$$

$$\phi_i(x) = \|x - c_i\|^2 \log(\|x - c_i\|) \quad i = 1, 2, \dots, h$$



式中， σ_i 称为该基函数的扩展常数或宽度， σ_i 越小，径向基函数的宽度就越小，基函数就越具有选择性； c_i 为第 i 个径向基函数的中心； h 表示隐层神经元的个数。

RBF神经网络的学习算法

RBF神经网络的学习算法分为两步：

第一步是确定隐含层神经元数目、中心和宽度，第二步是确定隐含层和输出层之间的连接权值。

径向基函数中心的选取方法主要有随机选取法、K-均值聚类算法、梯度训练方法和正交最小二乘法等。隐含层和输出层之间的连接权值的训练方法主要包括最小均方差、递推最小方差、扩展卡尔曼滤波等方法。

RBF神经网络性能和应用

理论上已经证明，RBF神经网络具有良好的全局逼近特性。若RBF神经网络的隐含层神经元足够多，它可以在一个紧集上一致逼近任何连续函数。

RBF神经网络是一种性能良好的前馈网络，不仅具有最佳逼近性能，同时训练方法快速易行，不存在局部极小问题。这些优点给RBF神经网络的应用奠定了良好的基础，使其在函数逼近、模式识别和信号处理等领域都有广泛的应用。

RBF神经网络的Matlab实现

- newrb

[net,tr]=newrb(P,T,goal,spread,MN,DF) 建立一个径向基RBF神经网络。

参量P为Q组输入向量组成的 $R*Q$ 维矩阵。

T为Q组目标向量组成的 $S*Q$ 维的矩阵。

goal为标量，表示均方误差目标，缺省为0.0。

spread也为标量，表示径向基函数的扩展速度，即分布密度，缺省为1.0。

MN为指定神经元的最大数目，缺省为Q。

DF指定两次显示之间所添加的神经元数目，缺省为25。

函数返回创建的径向基RBF网络net。

tr为返回的训练记录。

RBFNN的结构

RBFNN的Matlab实现

```
clear all
clc
x=0:0.1:5;
y=sqrt(x);
net=newrb(x,y);
t=sim(net,x);
plot(x,y-t,'+-')
figure
x1=5:0.1:9;
y1=sqrt(x1);
t1=sim(net,x1);
plot(x1,y1-t1,'*-')
```

Thank You

Question!

Intelligence Science

<http://www.intsci.ac.cn/>

