## 5.2 Analysis and Solving of Question One

5.2.1 Model Preparation

灰色系统理论是 1982 年由我国学者邓聚龙教授创立的,该理论以不确定性系统为研究对象，将部分信息己知、部分信息未知的小样本、贫信息视为灰信息，通过对部分已知信息的生成和开发，挖掘有价值的内在规律。其模型可描述为如下。设系统特征数据序列：

,…

为原序列，其中,…表示决策属性的因变量的个观测值，其一次累加生成序列

（1－AGO）：,… ，

其中 = ， 对生成序列建立微分方程：

方程的参数列= ，由最小二乘法可以得到近似值

=

其中,为

,

该方程的解为：)=

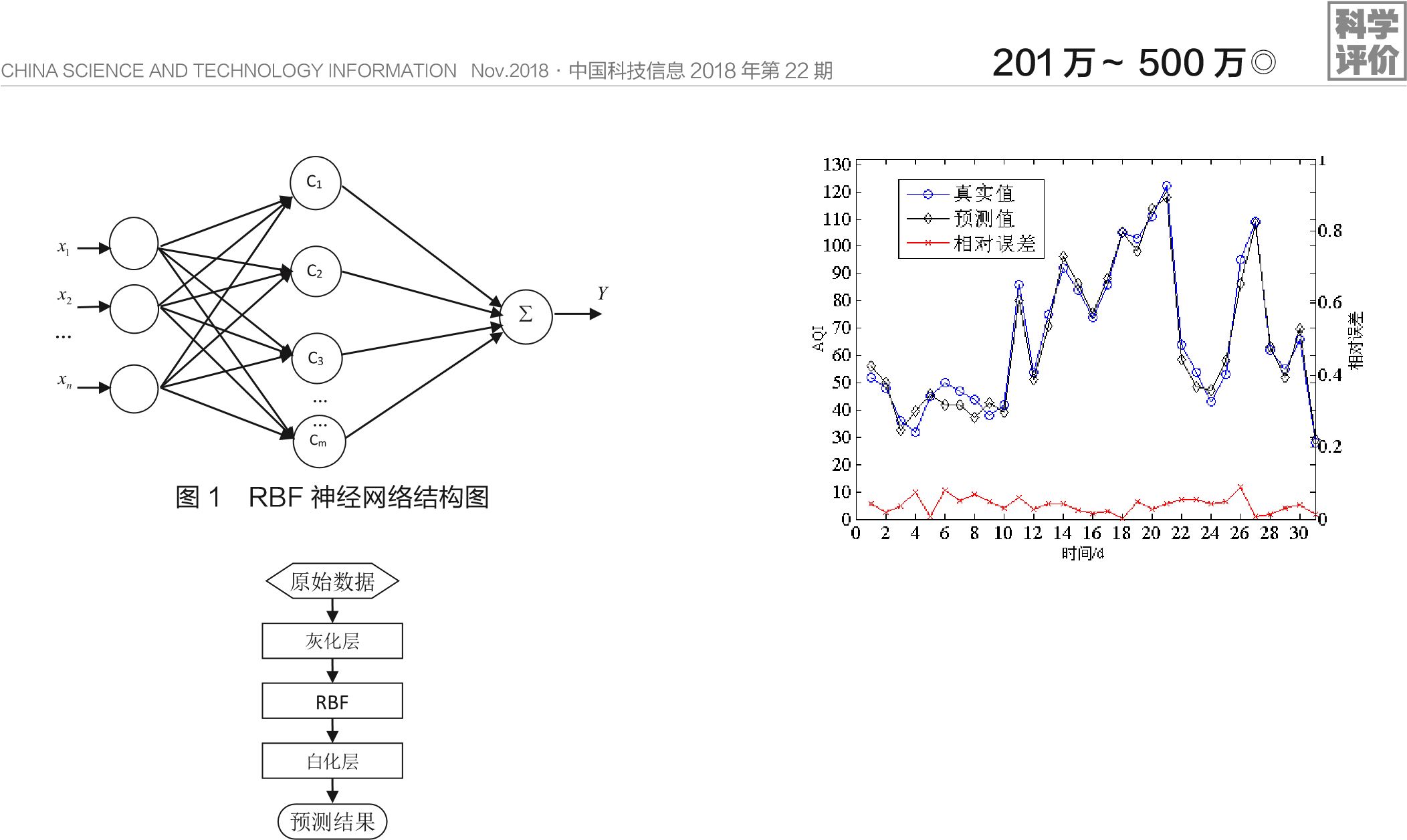
其中)是累加值的预测值，将其做一次累减还原成原数据得：

) =)-) =

RBF神经网络有很强的逼近能力、分类能力和学习速度。其工作原理是把网络看成对未知函数的逼近，人和函数都可以表示成一组基函数的加权和，也即选择各隐层神经元的传输函数，使之构成一组基函数来逼近未知函数。RBF人工神经网络由一个输入层、一个隐含层和一个输出层组成。人工神经网络是研究非线性科学问题的模型，RBF 神经网络是以径向基函数作为隐含层结点激活（核）函数的三层前向型神经网络，包括输入层、隐含层和输出层，其拓δ扑结构如图 1 所示。其中=(,) 为输入向量，=(,)为隐含层，通过高斯基函数实现输入层到隐含层的非线性映射，其中为第个基函数的中心，为向量的范数，即与之间的距离，为第个感知变量，Y为输出向量，是隐含层的线性映射，Y = ()为第个结点到输出层的权值。

5.1.2 Model Establishment

针对神经网络建模预测时，其建模精度往往受到数据随机性的影响，以及灰色系统具有减小数据随机性的特点，这里提出了灰色RBF神经网络组合模型。这里采用嵌入型灰色－RBF神经网络，在RBF 神经网络的输入层之前加入灰化层对输入数据做了灰化处理，而在输出层后加入白化层对输出数据做还原处理，根据2010-1017年四个州（VA/PA/PY/WV）毒品总量的数据作为训练样本构建模型，并选取 2016和2017 年同期数据作为测试样本以对预测模型进行检验，最后利用该模型预测2016和2017年OH的毒品总量。结果表明,所建立的灰色 RBF 神经网络组合模型相对模拟误差小，预测结果更为可靠，可以用于毒品总量预测。



Raw data

Ashing layer

RBF

Albino layer

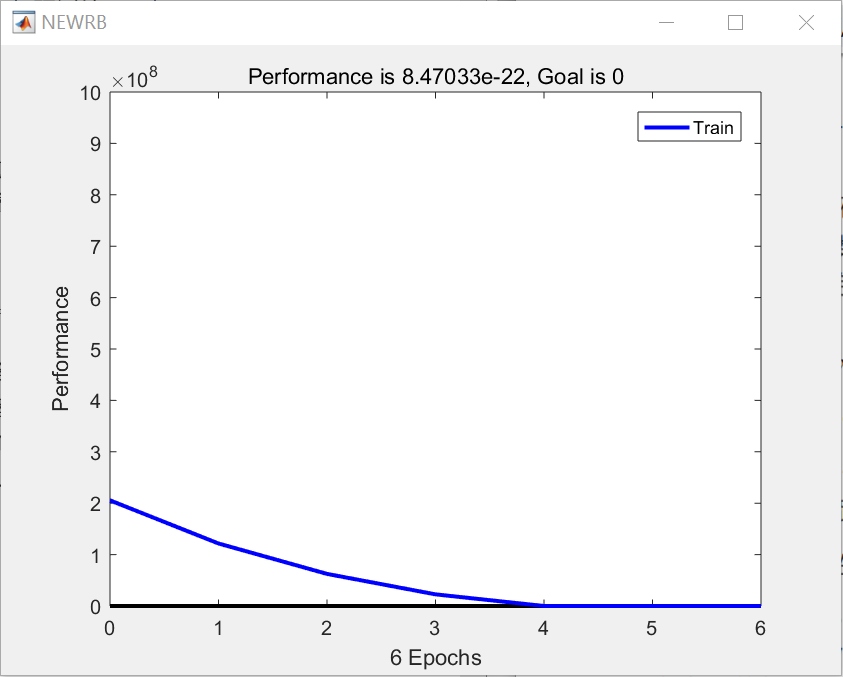
Prediction results

图一 RBF神经网络结构图

图二 灰色－ RBF 神经网络组合模型结构

5.1.3 Model sovling

本文采用 PYTHON与RBF-MASTER编程实现， 分别针对结果构建预测模型进行MATLAB仿真模拟实验，预测结果如图 1 ～图 3 所示

图1

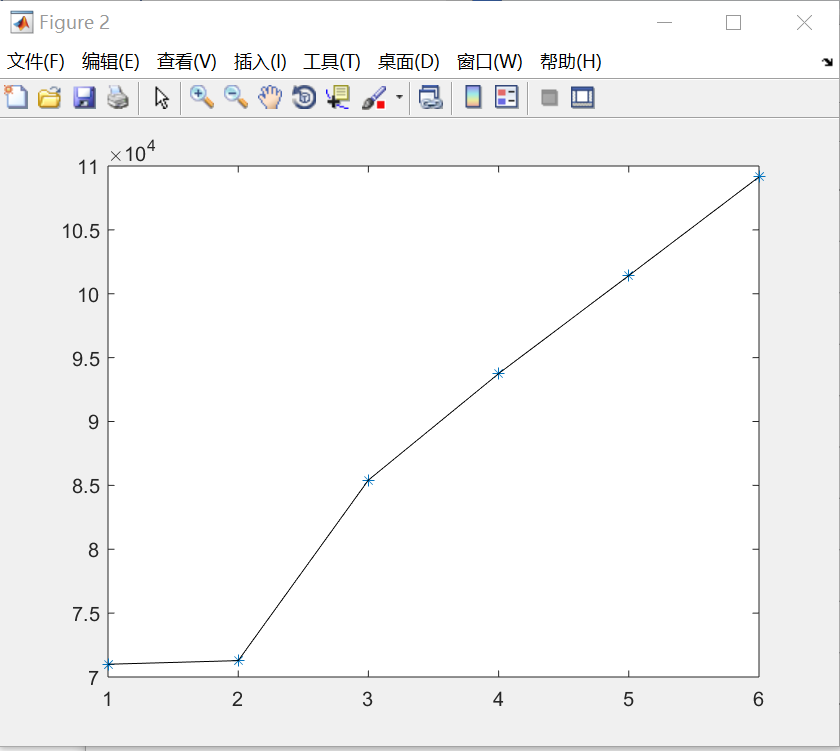


图2

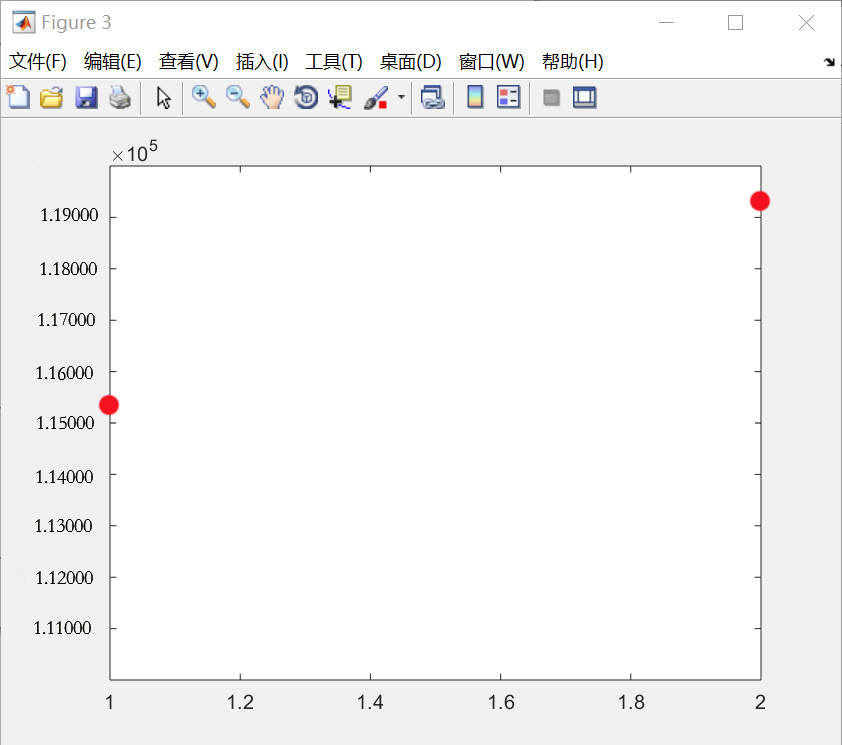


图3

5.2.4 Analysis of the Result

* 在第一张图里面：y是预测值，x是真实值，由图中loss函数下降曲线得到均方误差在不断减少。
* 第二张图代表在训练集上面的拟合曲线：黑色线是OH真实值，蓝色点是预测出来的OH，点与线的重合度很高。
* 第三张是测试集得出的图像，画红圈的点是OH在2016年和2017年的预测值，曾经出现过数据量少而过拟合的现象