

文章编号: 1005-8451 (2010) 06-0036-03

## 桥梁健康监测损伤诊断方法研究

张振平<sup>1</sup>, 马跃<sup>2</sup>, 尹锡军<sup>1</sup>

(1. 山东交通职业学院, 潍坊 261206; 2. 河北省交通规划设计院 试验检测室, 石家庄 050091)

**摘要:** 本文选用 RBF 神经网络实现对桥跨结构的损伤评估, 并采用基于 MATLAB 的最小二乘法曲线拟合预测特征参数的发展趋势。通过对实际测试结果分析, 表明系统性能良好, 能够客观地对桥梁整体结构作出评估。

**关键词:** 健康监测; 损伤诊断; RBF 神经网络

中图分类号: U246.2 文献标识码: A

### Research on damage identification of health monitoring for bridge

ZHANG Zhen-ping<sup>1</sup>, MA Yue<sup>2</sup>, YIN Xi-jun<sup>1</sup>

(1. Shandong Transport Vocational College, Weifang 261206, China;

2. Department of Experiment and Detection, Hebei Provincial Communications Planning and Design Institute, Shijiazhuang 050091, China )

**Abstract:** The RBF neural network was selected to achieve the damage assessment of bridge span, then the Least-Squares curve-fitting method based on MATLAB was used to predict the developing trend of the characteristic parameters. Through analysis of actually testing results, the System was in good performance and could make the assessment objectively to bridge structure.

**Key words:** health monitoring; damage identification; RBF neural network

在役桥梁经过外界环境和荷载的长期作用都会受到一定程度的损伤, 结构损伤的出现降低桥梁的承载能力, 影响桥梁使用功能的正常发挥, 带来诸多安全隐患。为有效地预防突发性灾难, 减少损失避免人员伤亡, 确保基础设施与使用者的安全, 需对桥梁的运行状况进行健康监测与损伤识别。本文结合某桥的工程实践对桥梁健康监测损伤诊断方法进行探讨。

### 1 工程概况

某桥为左右分离双幅桥型式, 桥跨组成为: (55 m+5 × 100 m+55 m) (主桥) + (7 × 30 m) (引桥)。主桥采用连续刚构组合体系, 上部结构为单箱单室双向预应力变高度箱梁, 下部结构采用钢筋砼薄壁空心墩, 钻孔灌注桩基础。针对该工程实例, 对其进行了应变、挠度、振动、温度和轴重 5 个方面的实时在线监测。健康监测的各个子系统运行以来, 工作状态良好, 性能可靠。经过比对实

验, 该系统能够真实地反映桥梁的各个待测参数, 并且具有自动归纳分类的功能。表 1 为该桥数据汇总表格样式。

表 1 某桥左幅桥的数据训练样本

日期	输入向量				目标向量	
	挠度 / 振动频率 / 应力 / 温度 / 载重 / 通行量 / 挠度	应力	应力	状态	状态	状态
mm	Hz	MPa	℃	万吨	万辆	状态

其中, 项目(挠度、振动、应力)为对应的每个月的最大值, 项目(温度、载重、通行量)为对应月的统计数值, 目标向量是挠度和应变两项的期望输出值。

### 2 基于 RBF 神经网络的桥梁损伤识别分析

桥梁损伤识别的基本思路为: 利用系统正常运行以来, 对各个监测项目所采集的数据进行归纳总结, 构成原始数据样本进行网络训练, 得到期望的诊断网络; 在应用当中, 能够根据用户输入的数据, 判别桥跨结构的损伤级别。同时运用最小二乘法拟合原理, 对这些实测数据进行发展趋势的预测, 并用预测的数据进行损伤识别, 从而真正达

收稿日期: 2009-11-23

作者简介: 张振平, 助教; 马跃, 助理工程师。

到预测损伤的目的。

## 2.1 RBF 网络的 MATLAB 设计

MATLAB 提供的神经网络工具箱内容丰富, 它涉及的神经网络模型有: 感知器、BP 网络、径向基网络、自组织网络、反馈网络和自适应滤波及自适应训练等。RBF 网络的学习算法属于有教师型的, 这种算法模型具有很好的推广能力, 用于损伤模式识别的效果比较好。本工程可利用函数 newrb 创建一个径向基神经网络, 调用格式为:

```
[net,tr]=newrb (P,T,GOAL,SPREAD,MN,DF);
```

P: Q 组输入向量组成的  $R \times Q$  维矩阵;

T: Q 组目标分类向量组成的  $S \times Q$  维矩阵;

GOAL: 均方误差, 默认为 0;

SPREAD: 径向基函数的扩展速度, 默认为 1;

MN: 神经元的最大数目, 默认为 Q;

DF: 两次显示之间所添加的神经元数目, 默认为 25;

net: 返回值, 一个径向基函数;

tr: 返回值, 训练记录。

newrb 创建 RBF 网络是一个不断尝试的过程, 在创建过程中, 不断增加中间层神经元的个数, 直到网络的输出误差满足预先设定的值为止。因此, 在网络设计过程中, 需要用不同的 SPREAD 值进行尝试, 以确定一个最优值。本工程所确定网络创建函数为: net=newrb (P, T, 0, 0.2, 25, 5), 其误差曲线如图 1。以训练样本对上面建立的 RBF 网络进行测试, 得到逼近误差曲线如图 2, 其数量级为  $10^{-16}$ 。

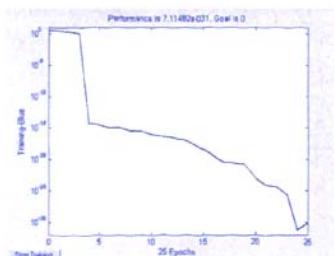


图 1 RBF 网络训练误差曲线

网络识别调用 sim 函数:

```
y=sim (net, P)
```

net—训练成功的网络名称;

P—训练样本输入矩阵或

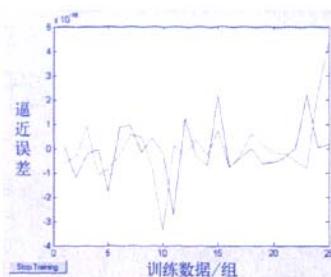


图 2 RBF 网络逼近误差曲线

测试样本输入矩阵;

y—计算出的对应于 p 的网络输出矩阵。

## 2.2 监测项目数据的最小二乘拟合

由于温度与月份之间的关系较复杂, 所以温度数据为例运用最小二乘法进行曲线拟合。x 为月数, y 为对应的温度值。利用 Matlab 中 plot 函数 x, y 的曲线散点趋势图, 以此图对比典型曲线图, 选择合适的经验公式, 确定多项式的拟合次数; Matlab 系统设计 polyfit 函数采用最小二乘法原理对给定的数据组  $\{(x_i, y_i), i=1, 2, \dots, n\}$  进行多项式拟合, 绘制出拟合曲线如图 3, 并可拟合接下来的两个月的温度值。

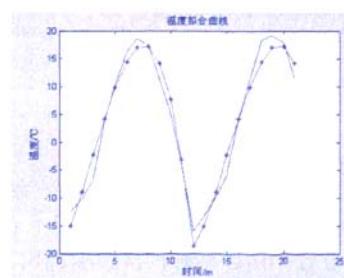


图 3 温度拟合曲线

同理, 对挠度、振动、应力、载重、通行量等项目的数据进行拟合, 数据汇总如表 2。根据拟合曲线确定各个项目的两个预测值, 见表 2 的最后两列。

表 2 监测项目数据预测汇总表

监测项目	拟合多项式的系数						预测值	
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	第 1 个月	第 2 个月	
挠度	-8.101 6e-005	0.003 598 3	-0.047 154	0.170 3	11.851	12.11	11.93	
振动频率	-1.733 6e-007	4.006 5e-005	-0.001 333 4	0.013 242	3.277 5	3.31	3.32	
应力	2.448 2e-005	-8.1935e-004	0.008 579 7	0.855 93	—	0.91	0.92	
温度	-0.097 499	0.815 54	4.373 2	-20.13	—	7.66	-3.12	
载重	-9.008 8e-004	-0.040 609	2.877 9	128.89	—	162.953 4	162.635 4	
通行量	-1.345 5e-004	-0.005 054 5	0.434 58	24.872	—	30.553 9	30.556 7	

文章编号: 1005-8451 (2010) 06-0038-03

## 基于 GIS 城市占道作业信息管理系统的应用设计与实现

胡欣如, 曹 羽

(广东工业大学 计算机学院, 广州 510091)

**摘要:** 随着现代城市规模的日益扩大, 城市占道作业信息管理面临日趋严重的挑战, 传统管理模式已无法满足现代城市管理的需求。本文介绍一种基于 GIS 的城市占道作业信息管理系统的应用设计与实现, 为管理者对道路区域的查看、审批, 以及普通市民基于地理信息的网上道路情况查询提供一种新的有效途径。

**关键词:** 地理信息系统; 占道作业; 道路管理

中图分类号: TP39 文献标识码: A

### Design and implementation on City Holding Roads Information Management System based on GIS

HU Xin-ru, CAO Yu

(Department of Computer Science, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510091, China)

**Abstract:** With the increasing size of modern cities, the management of city holding roads faced increasing challenges. The conventional model had been unable to meet the needs of modern urban management. This paper described a City Holding Roads Management System based on GIS. The author was trying to make an effective and GIS based way for the urban manager and ordinary citizen to check road conditions on-line and make decision.

**Key words:** GIS; holding roads; roads management

随着现代城市规模的不断扩大, 城市道路快速增长, 导致道路的管理变得日趋繁琐及困难。目前, 许多城市管理部门在管理这些复杂而又繁多

收稿日期: 2010-03-21

作者简介: 胡欣如, 工程师; 曹 羽, 助教。

的道路时, 采用手工方式在表格上记录每个施工点属性。基于 GIS 的城市占道作业信息管理系统研究内容包括为社会提供有效的分布式空间信息服务, 实现网络化、系统化的城市管理, 基于位置的占道信息发布, 基于条件的占道信息统计以及宏观

### 2.3 对预测数据进行损伤评估

以表 2 中最后两列的预测数据作为输入量, 经过归一化处理后为  $P_{test}$ , 利用上面建立的 RBF 网络进行损伤评估和网络识别调用 sim 函数得到两个指标的损伤指数分别为: [0.2187e-008 0.0001e-008; -0.0144e-008 0.0629e-008], 数量级为  $10^{-8}$ , 接近于“0”, 表明结构在接下来的两个月应该处于完好状态。

### 3 桥梁损伤评估程序的开发

利用图形化的设计语言 LabVIEW, 其与 Microsoft SQL Server 数据库和 Matlab 软件进行链接通信, 开发了桥梁结构健康评估程序, 该程序基本实现了基于神经网络的桥梁结构损伤评估工作。

### 4 结语

本文以神经网络为理论工具, 对桥跨结构进行损伤评估。在实际应用中, 采用 RBF 网络对桥跨结构进行损伤评估; 采用最小二乘法进行曲线拟合, 并预测出后续的两组数据, 然后对预测的数据采用 RBF 网络进行损伤识别。测试结果表明系统性能良好, 客观地对桥梁整体结构作出评估。

#### 参考文献:

- [1] 马 跃, 陈保平, 王 响. 山西小沟特大桥健康监测系统研究[J]. 国防交通工程与技术, 2007, 5 (3): 35-37.
- [2] 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 MATLAB7 实现 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005, 3: 89-108.
- [3] 张振平, 马 跃, 等. 某特大桥健康监测系统 [J]. 市政技术, 2010 (2): 131-132.