

# 路径识别的神经网络算法研究

庞抗, 徐淑芬, 丁明辉, 李宏宇, 侯莹莹

(长安大学电子与控制工程学院, 西安 710064)

**摘要:** 飞思卡尔智能车是由电磁传感器检测车身偏离导线的偏差量, 配合舵机和电机的动作来实现自动循迹。针对智能车循迹过程中偏差量准确计算的难点, 提出了神经网络路径识别算法。采用四个电感线圈作为路径识别的传感器, 将四路传感器的感应信号值作为多层前馈神经网络的输入值, 理想偏差量作为多层前馈神经网络的目标输出值, 在 matlab 环境下进行训练, 得到微控制器所需的参数值。将此算法移植到智能车的应用上, 计算得出的偏差量与实际偏差量的误差在  $\pm 1\text{cm}$  以内。

**关键词:** 智能车; 电磁循迹; 路径识别; 神经网络; 偏差量

**中图分类号:** TP391.41

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-9599 (2012) 17-0065-02

## 1 引言

人工神经网络是模拟生物神经系统建立起来的非线性动力学系统具有自我学习、联想存储以及高速寻求最优解的强大功能, 它的分类能力和非线性映射能力使得它在系统辨识、模式识别、图像处理、智能控制等领域有着广泛而吸引人的前景, 并且越来越多地被人们所运用。

“飞思卡尔”杯全国大学生智能车竞赛中的电磁组是依据电磁感应原理, 实现智能车的自动循迹。以飞思卡尔公司生产的 MC9S12XS128 芯片作为微控制器, 以通有固定频率和电流值的导线作为目标路径, 用电磁传感器检测智能车偏离导线的偏差量, 配合舵机和电机的动作在 50cm 宽的赛道上实现自动循迹。其中偏差量的检测与计算是智能车能否准确快速跟踪引导线的关键。当前偏差量的计算算法主要有两种, 一种是取感应电动势最大的传感器位置作为线径所在位置, 这种方法本质上以点来检测, 测量精度低, 需要的传感器数量大。另外一种是根据感应电动势的特点, 将两个传感器的感应电动势作差值计算, 得到电动势与偏差量之间的一个二次函数, 这种方式计算是关于二次函数来进行的, 计算量大, 对检测的实时性会有所影响。本文提出的方案, 是以电感线圈作为传感器来检测路径, 基于人工神经网络算法来计算车身相对引导线的偏移量, 把样本数据放在 matlab 环境下训练, 得到满足误差要求的参数, 然后将参

## 2 BP 神经网络模型基本原理

BP 神经网络由信息的正向传播和误差的反向传播两个过程组成。输入层各神经元负责接收来自外界的输入信息, 并传递给中间层各神经元; 中间层是内部信息处理层, 负责信息变换, 中间层传递到输出层各神经元的的信息, 经进一步处理后, 完成一次学习的正向传播处理过程, 由输出层向外界输出信息处理结果。当实际输出与期望输出不符时, 进入误差的反向传播阶段。误差通过输出层, 按误差梯度下降的方式修正各层权值, 向隐层、输入层逐层反向传播。BP 神经网络的拓扑结构如图所示:

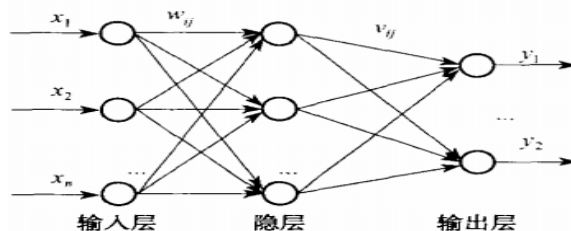


图 1 BP 神经网络模型

BP 神经网络主要由输入层、隐含层和输出层构成。输入信号先向前传播到隐含层节点, 经作用函数后, 把隐节点的输出信号传播到输出节点, 最后得出输出结果。本文中隐层节点的激励函数选取双曲正切 S 型函数,

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (1)$$

在正向传播过程中, 输入信息从输入层经隐含层逐层处理, 并传向输出层。每一层神经元的状态只影响下一层神经元的状态。如果输出层得不到期望的输出, 则转入反向传播, 将误差信号沿原来的连接通道返回, 通过修改各层神经元的权值, 使得误差信号最小。

前向传播过程:

(1) 隐层神经元的输入为输入神经元的加权和加上输入层到隐层的阈值。

$$X_j = \sum_i w_{ij} x_i + \sigma_{ij} \quad (2)$$

(2) 隐层神经元的输出为:

$$X_j = f(X_j) = \frac{1 - e^{-X_j}}{1 + e^{-X_j}} \quad (3)$$

(3) 输出层神经元输出为隐层神经元的输出加权和加上隐层到输出层阈值。

$$y_1 = \sum_j v_{j1} x_j + \sigma_{j1} \quad (4)$$

网络输出  $y_1$  与理想输出  $y_1^p$  的误差  $e_1$  为:

$$e_1 = y_1^p - y_1 \quad (5)$$

反向传播采用 L-M 优化算法, 调整各层间的权值。L-M 算法是一种利用标准的数值优化技术的快速算法, 它是梯度下降法与高斯-牛顿法的结合。设  $W(k)$  表示第  $k$  次迭代的权值和阈值所组成的向量新的权值和阈值组成的向量  $W(k+1)$  可根据下面的规则求得:

$$W^{(k+1)} = W^{(k)} + \Delta W \quad (6)$$

对于 L-M 算法则有:

$$\Delta W = -[J^T + \mu I]e_1 \quad (7)$$

其中, 错误! 未找到引用源。J 为雅克比矩阵。比例系数  $\mu > 0$  为常数, I 为单位矩阵。当  $\mu = 0$  即为高斯-牛顿法; 当  $\mu$  取值很大则接近梯度下降法。实践证明, 采用 L-M 算法可以较原来的梯度下降法提高速度几十甚至上百倍。本文采用 L-M 算法进行训练。

### 3 Matlab 中神经网络算法的实现

#### 3.1 获取样本数据

根据麦克斯韦电磁场理论, 通有交变电流的导线会在其周围产生交变的电磁场, 如果在里面放置一个电感线圈, 电磁感应作用会使线圈中产生交变的感应电压。智能车使用电感线圈作为传感器检测导线周围磁场信息, 由电磁学可知, 水平放置的电感线圈在导线磁场内的感应电动势  $E = h/(h^2 + x^2)$ ,  $h$  表示传感器离导线的垂直距离,  $x$  代表传感器距离导线的水平距离。假设  $h = 5\text{cm}$ ,  $x$  在  $\pm 15\text{cm}$  内电动势和水平距离的关系曲线如图 2 所示:

经过实际测试, 使用四路传感器比较合适。传感器分布以车轴为中心, 间隔为  $12\text{cm}$  呈“一”字均匀排列构成前瞻, 传感器距离水平面  $15\text{cm}$ , 距离车身  $50\text{cm}$ 。布局示意图如图 3 所示:

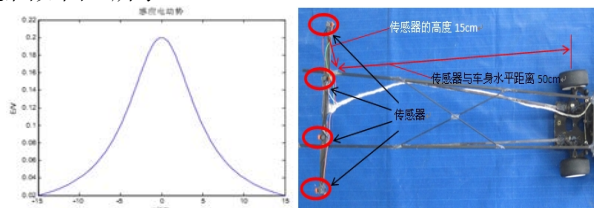


图 2 电动势和水平距离的曲线图

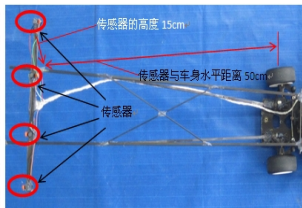


图 3 前瞻分布示意图

将传感器的感应电动势进行检波放大, 把处理后的信号经 AD 转换得到传感器信号值。转换过程如图 4 所示。

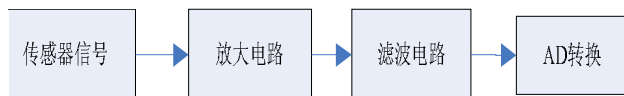


图 4 传感器信号调理

本系统的 BP 神经网络的输入为四路传感器的感应电压信号, 输出为小车车身偏移引导线的水平偏移量, 综合考虑训练误差和速度, 设置隐含层得神经元个数为 10。训练目标误差平方和取为 0.000005, 训练次数为 5000 次。

#### 3.2 智能车算法实现:

最终算法的实现需要将神经网络的训练好的权重和阈值移植到智能车的微控制器中去。通过 BP 神经网络对智能车采集到的输入信号进行处理运算, 计算得到的输出层的神经元输出值就是当前车轴中心线偏离引导线的偏差量, 根据此值进行相应的打舵与调速操作, 以实现智能车的快速稳定循迹。

### 4 实验结果与分析

记录并分析实验数据, matlab 训练得到的实际输出与理想输出之间的关系如图 5 所示:

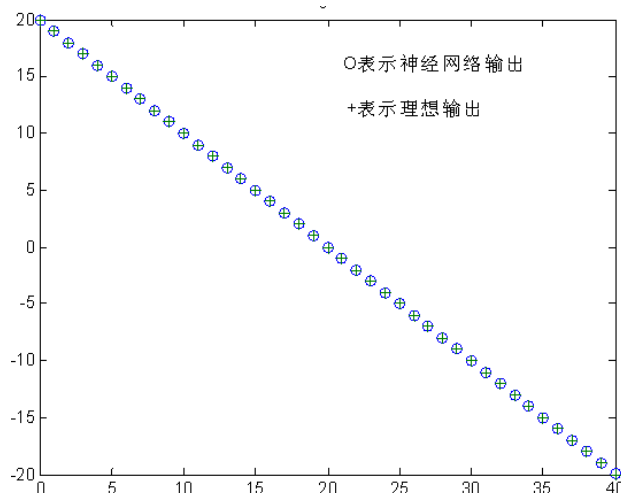


图 5 实验数据与理想数据的关系

由上图可知, 基于 BP 神经网络算法计算出的偏差量与理想偏差量之间的误差在  $\pm 1\text{cm}$  以内。在“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛中, 由于神经网络的非线性映射能力和高速寻求最优解能力, 把它应用到智能车的循迹上来效果是很明显的, 它不需要计算感应电动势和偏差量之间的非线性关系, 把计算量很大的训练过程放在 matlab 环境下进行, 微控制器直接使用 matlab 下训练得到的参数就可以了。

### 5 结论

本文在当前主流循迹算法的基础上, 提出了基于 BP 神经网络的路径识别算法, 并详细叙述了基本原理和具体的实现方法。实验结果证明: 使用 BP 神经网络计算得到的结果误差在  $\pm 1\text{cm}$  以内, 它可以大幅度地提高智能小车对环境的适应性, 从而降低系统对智能小车硬件的要求。但其激励函数和学习算法仍需要深入研究, 并且在实际运用中还有待提高, 以达到更好的应用效果。

#### 参考文献:

- [1]卓晴,黄开胜,邵贝贝.学做智能车[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- [2]马锐.人工神经网络原理[M].机械工业出版社,2010.
- [3]张雨浓,杨逸文,李巍.神经网络权值直接确定法[M].中山大学出版社,2010.
- [4]陈杰,黄鸿.传感器与检测技术[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [5]飞思卡尔竞赛管理秘书处,电磁组竞赛车模路径检测设计参考方案,2010.
- [6]童诗白,华成英.模拟电子技术基础[M].高等教育出版社,2000.
- [7]傅荟璇,赵红等.MATLAB 神经网络应用设计[M].机械工业出版社,2010.
- [8]CS12 微控器原理及应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.

[作者简介]庞抗(1988.10-)长安大学硕士在读,研究方向,控制理论与控制工程。