



基于模糊神经网络的电梯群控调度算法

王学智¹, 林秀玲²

(1.湖北水利水电职业技术学院 机电工程系,湖北 武汉 430070;

2.武汉船舶职业技术学院 建筑工程学院,湖北 武汉 430050)

摘 要:为了提高电梯的运行效率,降低能耗,设计了一种基于模糊神经网络的电梯群控调度算法,算法利用模糊逻辑处理群控系统的输入数据,实现输入数据的归一化,利用神经网络的并行计算能力综合优化系统评价参数。采集了样本数据并对该算法进行了仿真测试,仿真结果验证了该算法的有效性。

关键词:电梯群控;模糊逻辑;神经网络;调度算法;激发函数;

中图分类号: G124

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2019) 06-0104-05

104

武汉职业技术学院学报二〇一九年第十八卷第六期(总第一百零四期)

在现代化城市中,电梯作为重要的垂直交通工具被广泛应用,在客流量密度大的高层建筑内,通常将多台电梯安装在一起,构成电梯群控系统。电梯群控系统的调度问题,实质上是一个在变化环境下的在线调度、资源配置及随机最优控制的组合优化问题^[1]。由于电梯群控系统控制目标的多样性,同时由于电梯本身所固有的随机性和非线性,仅通过传统的控制方法很难提高电梯的性能,容易出现电梯扎堆现象,导致乘客候梯和乘梯时间长,而且电梯的启停频繁,造成能量浪费^[2]。目前针对电梯群控算法的研究主要集中于乘客等待时间或行程时间等指标,面向节能的群控算法研究还比较少,最近服务原则和期望到达时间的群控规则在实际中得到广泛应用^[3],随着人工智能技术的普及应用,研究人员提出了多种基于人工智能技术的群控算法,包括基于模糊逻辑的群控算法^[4-6]、基于强化学习的群控算法^[7]和遗传算法^[8-9]等。现有研究多采用所有乘客的平均等待时间作为优化目标,虽然可以将平均等待时间控制在一个合理水平但是并不能保证每一个乘客的等待时间的

合理性,往往出现部分乘客等待时间超长的情况^[10-11],此外随着能源环境问题的日益凸显,节能降耗也成为电梯群控算法设计的一个重要目标。因此,笔者提出了一种基于模糊神经网络的电梯群控算法,该算法综合考虑3个控制目标:平均候梯时间、平均乘梯时间、系统能量的损耗。把三个控制目标作为优化对象,建立基于模糊逻辑的群控系统神经网络模型。

一、模糊神经网络

(一)综合评价函数构建

电梯群控系统是一种典型的离散事件动态系统,具有非线性、不确定性、扰动性。本文以高层写字楼内3部16层电梯作为研究对象,每部电梯的额定载重为1000Kg,额定载客人数为13人。根据不同时间段内的交通客流变化,将电梯交通模式分为三类:上行高峰交通模式、下行高峰交通模式和空闲交通模式。当电梯工作在上行和下行高峰交通模式时,以降低乘客候梯时间、乘梯时间为优先目标,当电梯工作在空闲交通模式时,以降低能耗为优先目标。据此

收稿日期:2019-12-10

作者简介:王学智(1978-),男,河北涞水人,湖北水利水电职业技术学院副教授,研究方向:检测技术与自动化装置;林秀玲(1979-),女,山东威海人,武汉船舶职业技术学院讲师,研究方向:暖通空调电气控制。

建立综合评价函数如式 1 所示:

$$S_i = \omega_1 S_{AWTi} + \omega_2 S_{ARTi} + \omega_3 S_{RNGi} \quad (1)$$

式中 S_i 为第 i 部电梯响应呼梯信号的可信度, 值越小可信度越高, 可信度高的电梯响应呼梯信号。 S_{AWTi} 、 S_{ARTi} 、 S_{RNGi} 分别为第 i 部电梯响应呼梯信号时乘客的平均候梯时间、平均乘梯时间和系统能量损耗。 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 为权系数, 满足 $0 \leq \omega_i \leq 1$, $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 1$, 根据不同的交通模式选取不同的权值, 上、下行高峰交通模式时, $\omega_1 = 0.5$ 、 $\omega_2 = 0.4$ 、 $\omega_3 = 0.1$; 空闲交通模式时, $\omega_1 = 0.2$ 、 $\omega_2 = 0.1$ 、 $\omega_3 = 0.7$ 。

(二) 定义影响因素隶属度函数

影响 S_{AWTi} 、 S_{ARTi} 、 S_{RNGi} 三个参数的因素主要包括轿厢内乘客人数 N 、轿厢响应呼梯信号时的相对楼层数 L 及电梯响应呼梯信号过程中所需停站次数

C 。将这三个影响因素模糊化处理得到三个模糊变量, 分别为乘客人数少 X_1 、相对距离近 X_2 、停站次数少 X_3 , 并根据实际情况定义三个模糊变量子集的隶属度函数 $\mu_{X_1}(N)$ 、 $\mu_{X_2}(L)$ 、 $\mu_{X_3}(C)$ 。三个模糊变量子集的隶属度函数均选用 Z 型隶属函数, 图 1 为乘客人数少 X_1 的隶属度函数曲线, 图 2 为相对距离近 X_2 的隶属度函数曲线, 图 3 为停站次数少 X_3 的隶属度函数曲线。

(三) 模糊神经网络结构

人工神经网络是以数学手段来模拟人脑神经网络的结构和特征的系统。利用人工神经元可以构成不同拓扑结构的神经网络^[12], 其中典型的有多层前向传播网路(BP 网络)、Hopfield 网络、CMAC 小脑模型、SOM 自组织网络等。由于 BP 网络具有很好的逼

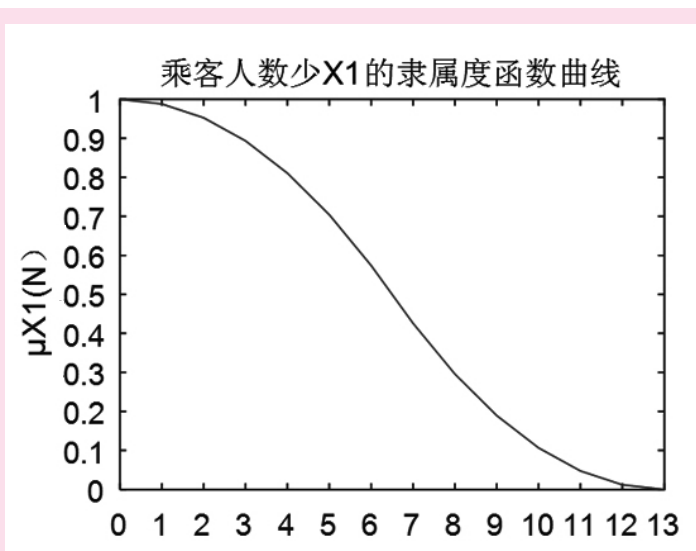


图 1 乘客人数少隶属度曲线

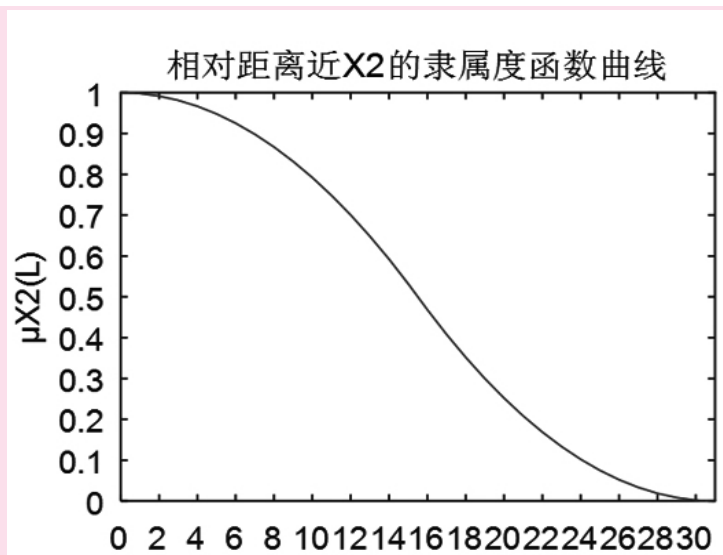


图 2 相对距离近隶属度曲线

近非线性的能力和泛化能力,因此本文选用BP神经网络结构,其结构图如图4所示。第一层为输入层,将三个模糊变量子集的隶属度函数 $\mu_{x1}(N)$ 、 $\mu_{x2}(L)$ 、 $\mu_{x3}(C)$ 作为输入变量,三个变量经过模糊化处理之后实现了数据的归一化处理。第二层为隐含层,包含三个节点,隐含层的输入为三个输入变量的加权之和,隐含层的输出采用S激发函数,式2、式3分别为隐含层的输入输出表达式。第三层为输出层,式4为输出层表达式。

$$x_j = \sum_i \omega_{ij} x_i \quad (2)$$

$$x'_j = f(x_j) = \frac{1}{1 + e^{-x_j}} \quad (3)$$

$$y_n(k) = \sum_j \omega_{jo} x'_j \quad (4)$$

二、基于模糊神经网络的电梯调度算法

(一)权值调度算法

BP算法的学习过程由正向传播和反向传播组成。在正向传播过程中,输入层经隐含层逐层处理,并传向输出层,每层神经元的状态只影响下一层神经元的状态。如果在输出层得不到期望的输出,则转

至反向传播,将误差信号(理想输出与实际输出之差)按连接通路反向计算,由梯度下降法调整各层神经元的权值,使误差信号减小。

神经网络输出与期望输出误差表达式:

$$e(k) = y(k) - y_n(k) \quad (5)$$

误差性能指标函数表达式:

$$E = \frac{1}{2} e(k)^2 \quad (6)$$

隐含层至输出层的连接权值的学习算法为:

$$\Delta \omega_{jo} = -\eta \frac{\partial E}{\partial \omega_{jo}} = \eta \cdot e(k) \cdot \frac{\partial y_n}{\partial \omega_{jo}} = \eta \cdot e(k) \cdot x'_j \quad (7)$$

式中, η 为学习速率, $\eta \in [0, 1]$ 。

$k+1$ 时刻网络的权值为:

$$\omega_{jo}(k+1) = \omega_{jo}(k) + \Delta \omega_{jo} \quad (8)$$

输入层至隐含层的连接权值 ω_{ij} 的学习算法为:

$$\Delta \omega_{ij} = -\eta \frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}} = \eta \cdot e(k) \cdot \frac{\partial y_n}{\partial \omega_{ij}} = \omega_{jo} \cdot x'_j \cdot (1 - x'_j) \cdot x_i \quad (9)$$

$k+1$ 时刻网络的权值为:

$$\omega_{ij}(k+1) = \omega_{ij}(k) + \Delta \omega_{ij} \quad (10)$$

为了避免权值的学习过程发生震荡、收敛速度慢,需考虑上次权值变化对本次权值变化的影响,即加

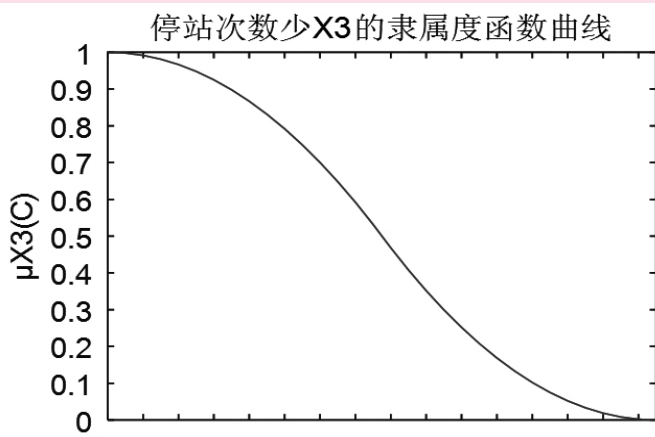


图3 停站次数少隶属度曲线

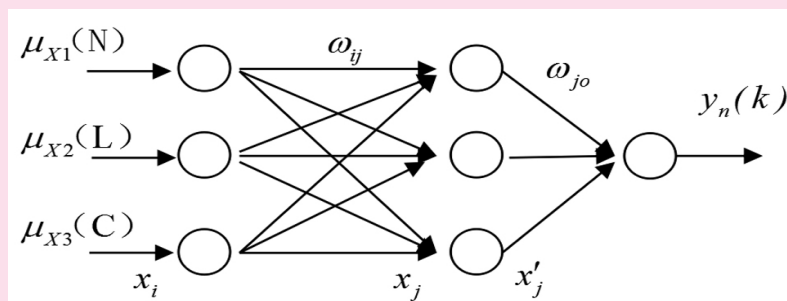


图4 神经网络结构图

入动量因子 α 。此时的权值为:

$$\omega_{jo}(k+1) = \omega_{jo}(k) + \Delta\omega_{jo} + \alpha(\omega_{jo}(k) - \omega_{jo}(k-1)) \quad (11)$$

$$\omega_{ij}(k+1) = \omega_{ij}(k) + \Delta\omega_{ij} + \alpha(\omega_{ij}(k) - \omega_{ij}(k-1)) \quad (12)$$

式中, α 为学习速率, $\alpha \in [0, 1]$ 。

将样本数据逐组输入神经网络, 然后再将每次网络输出结果与期望值比较, 如果误差在允许范围之内, 则不改变各层权值, 继续输入下一组数据, 如果误差超出允许范围, 则按照上述算法依次改变各层权值, 如此反复迭代, 直至所有样本数据的神经网络输出值与期望值之差均在允许范围之内。

(二) 仿真实验

仿真电梯为 3 部 16 层电梯, 电梯层高 3 米, 匀速运行速度 1.5m/s, 加速度 1m/s², 开关门时间 5s, 进出时间 1 人/s, 启停能耗 20kj。根据写字楼的实际情况统计出训练数据, 用综合评价函数 Si 的计算值作为测试样本的期望输出, 采集到样本数据 60 组, 随机选取 50 组作为训练集来训练神经网络, 剩余 10

组作为测试集用来测试神经网络。

(三) 仿真结果

利用 Matlab 神经网络工具箱的 newff 函数建立神经网络结构, 用 train 函数对样本数据中的 50 组训练集数据对神经网络进行训练, 用 sim 函数对样本数据中的 10 组测试集数据进行测试验证, 令学习速率=0.5, 动量因子=0.2, 误差 $\sigma=0.01$ 。图 5 为测试集神经网络输出与期望输出的对比曲线, 图 6 为测试集输出误差曲线, 从图中可以看出, 训练好的神经网络输出误差均小于 σ , 达到了设计要求。

三、结论

将模糊神经网络用于电梯群控调度, 可以充分发挥模糊逻辑和神经网络各自的优势^[13-15], 能够综合优化乘客候梯时间、乘梯时间及系统能耗等多个评价指标, 从而得到更好的电梯群控系统的性能, 从仿真结果可以看出该算法有效。

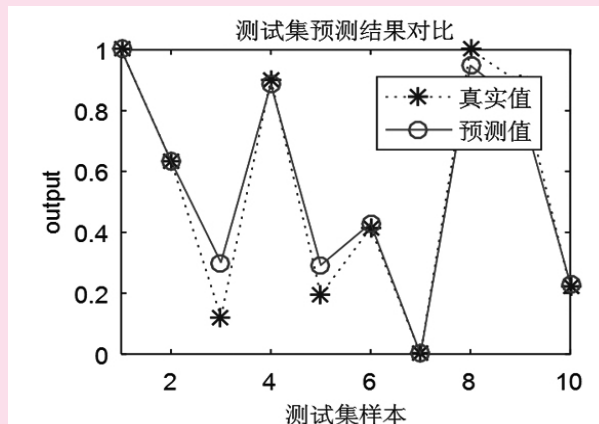


图 5 测试集预测结果曲线

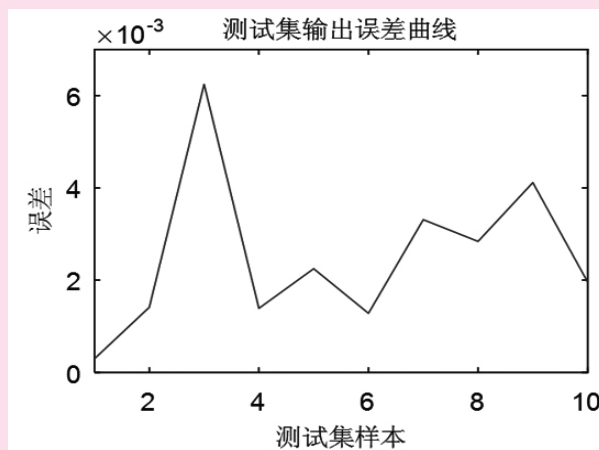


图 6 测试集误差曲线

参考文献:

- [1] 毛维映.电梯群控技术的现状与发展方向[J].科技创新与应用,2016,(15):78-81.
- [2] 刘耀武,聂风华,苏强,等.具有时间约束的电梯节能调度算法[J].系统工程理论与实践,2013,(09):2339-2346.
- [3] 王玮.群控系统下的电梯调度策略[J].中国电梯,2018,(16):65-72.
- [4] 王超,朱鹏远.基于模糊控制的电梯群控监控系统的设计与仿真[J].工业控制计算机,2017,(04):36-38.
- [5] 曾国伟,赵国军,邢海潇,等.基于模糊控制技术的电梯群控系统控制设计[J].浙江工业大学学报,2009,(01):115-118.
- [6] 李中华,毛宗源,邹依林.一种新的基于模糊控制的电梯群控策略[J].控制与决策,2004,(8):857-861.
- [7] 黄志锋.基于强化学习的电梯群控调度技术研究[D].苏州:苏州大学,2016.
- [8] 张健,王笑竹.改进遗传算法的电梯群控系统设计与实现[J].厦门理工学院学报,2015,(03):41-46.
- [9] 桑国珍.基于遗传算法的电梯控制模拟系统设计与实现[J].计算机与数字工程,2018,(08):1673-1676.
- [10] 路明,吉顺平,王长博,等.基于 S7-1200 的电梯群控系统控制设计[J].科技创新与应用,2016,(23):23-24.
- [11] 张梅,何福贵,张力展.基于 PLC 和触摸屏的电梯群控系统控制设计[J].现代电子技术,2013,(22):112-114.
- [12] 刘金琨.智能控制[M].北京:电子工业出版社,2014.
- [13] 李鹏,李丹,李喜旺,等.基于模糊神经网络的电力调度自动化设备健康评估[J].计算机系统应用,2019,(02):207-212.
- [14] 李彦瑾,罗霞.基于模糊神经网络的混合交通流路阻测算模型[J].吉林大学学报(工学版),2019,(01):53-59.
- [15] 刘永吉,向怀坤.基于模糊神经网络的车辆行驶姿态判别方法[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2018,(02):416-421.

[责任编辑:詹华西]

Elevator Group Control Scheduling Algorithm Based on Fuzzy Neural Network

WANG Xue-zhi¹, LIN Xiu-ling²

(1. Department of Electromechanical Engineering, Hubei Water Resources Technical College, Wuhan 430070, China; 2. Department of Electric and Electronic Engineering, Wuhan Institute of Shipbuilding Technology, Wuhan 430070, China;)

Abstract: In order to improve the operating efficiency of elevators and reduce energy consumption, an elevator group control scheduling algorithm based on fuzzy neural network is designed. The algorithm uses fuzzy logic to process the input data of the group control system to achieve normalization of the input data and utilize neural networks. Using parallel computing capability of neural networks optimizes systematic evaluation parameters. Sample data are collected and the algorithm is tested by simulation. The simulation results verify the effectiveness of the algorithm.

Key words: elevator group control; fuzzy logic; neural network; scheduling algorithm; excitation function;