

相邻交叉路口神经网络模糊协调控制的研究

曹 洁, 李振宸

(兰州理工大学 电气工程与信息工程学院, 兰州 730050)

摘要:以城市相邻交叉路口为研究对象,提出了一种相邻交叉路口的神经网络模糊控制的方法。将相邻交叉路口看作一个大系统,第1级控制各个单交叉路口,调整各方向的绿信比;第2级协调单元利用各路口测得的交通流数据,确定相邻交叉路口的周期和相位差。应用MATLAB编写了仿真程序,仿真结果表明,该方法可以有效减少相邻交叉路口车辆的平均延误。

关键词:相邻交叉路口;神经网络模糊协调控制;仿真

中图分类号:U491 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-0682(2011)02-0101-03

Study of fuzzy neural network coordination control about adjacent traffic intersections

CAO Jie LI Zhenchen

(School of Electrical and Information Engineering Lanzhou University of Technology Lanzhou 730050, China)

Abstract: A method of adjacent traffic intersections based on fuzzy neural network coordination control is presented. In this paper the adjacent traffic intersections are considered as a large scale system. The first-level controls every single intersection and adjusts the ratio of green signal in different directions. The second-level determines the period and phase difference of adjacent traffic intersection using traffic flow data from different directions. MATLAB is applied to compile corresponding simulation program. The simulation result shows that the method can decrease the average delay of the vehicles at adjacent intersections.

Key words: adjacent intersections; fuzzy neural network coordination control; simulation

0 引言

城市道路交通中,主干道往往承受着巨大的交通负荷,干道交叉路口的交通流控制效果的好坏直接影响着整个城市的交通状况。由于交通流具有时变性、随机性和不确定性等特点,使得传统的基于模型的控制理论与方法难于取得良好的控制效果^[2-6]。

为解决传统控制方法的不足,同时考虑相邻交叉路口之间的相关性,把神经网络^[3-4]和模糊理论结合起来进行相邻交叉路口的实时协调控制^[1,8]。模糊控制和神经网络都无需依赖于被控对象模型,其学习和推理功能十分类似于人类学习和知识推理过程。将神经网络和模糊控制相结合,这样既可以利用专家的经验知识,又具有学习逐步优化功能,特别适用于实时多变的交通状况。该文将相邻交叉路

口看作一个大系统,第1级控制各个单元交叉路口,通过检测各交叉口当前相位的排队长度和下一相位的排队长度来得出当前相位以及下一相位的车流密度,进而判断是否进行相位变换,调整各方向的绿信比;而第2级协调单元则利用各路口测得的交通流数据,用韦伯斯特最佳周期计算公式计算下一阶段所用的周期,用神经网络模糊控制方法确定相邻交叉路口的相位差。仿真研究表明,相邻交叉路口神经网络模糊协调控制的方法能够减少相邻交叉路口车辆的平均延误^[7],比传统的方法有显著提高。

1 相邻路口交通模型

该文讨论相邻交叉路口信号控制问题,其交通模型如图1所示。



图1 相邻交叉路口交通模型

收稿日期:2010-04-26

作者简介:曹洁(1966),女,教授,博士生导师,研究方向为信息融合理论及应用、智能交通系统的理论及应用。

东西向为主干线,承担较重的交通负荷,南北向为支线。大量的交通实践表明:当相邻交叉路口之间的距离超过 800 m 时,协调控制反而不如各自单独控制,因此假设相邻路口间的距离是 720 m。图 1 中每个交叉路口都有 4 个通行方向,每个方向的车辆运动包括左转、直行和右转,所有右转车流不予考虑,在任何时刻,只有一个相位处于通行状态,在左转和直行车道上设置两套地感线圈用来检测车流信息,上游线圈用来检测进入交叉口的车辆数,下游线圈用来检测交叉口放行的车辆数。信号控制采用四相位控制,即东西直行、东西左转、南北直行、南北左转,各交叉路口的相位图如图 2 所示。

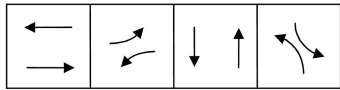


图 2 交叉路口的相位图

2 相邻路口神经网络模糊协调控制算法

相邻交叉路口协调控制的策略是:各交叉路口具有相同的信号周期,绿信号开启时间相继错开,从而使干线上行驶的车辆尽可能少遇或不遇红灯以减少延误。对确定的周期,每一交叉口的绿信比可互相独立地实时调整以适应交通流的瞬时变化。由以上控制策略可知,控制变量有 3 个,即周期、相位差、绿信比。规定各交叉路口初始相位恒为东西直行方向,并且相位分配顺序为东西直行、东西左转、南北直行、南北左转。图 3 为相邻交叉路口协调控制结构图。

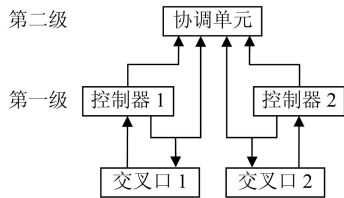


图 3 相邻交叉路口协调控制结构图

相邻交叉路口神经网络模糊协调控制算法如下:

- 1)协调单元首先根据以往的交通数据给出相邻交叉路口统一使用的周期和相位差;
- 2)给定一个循环次数 m , 令 $m=0$;
- 3)各交叉路口依照给定的周期和相位差开启绿灯,用神经网络模糊控制方法调整各交叉路口的绿信比,使交叉路口的车辆延误尽可能少,同时将该周期内的交通数据送到协调单元处理;

初始相位标志为 1,其他相位的标志为 0,设定各相位的最小绿灯时间和最大绿灯时间;在初始时刻 t_0 ,给交叉口 1 的初始相位位置最小绿灯时间;在 t_0 和相位差相加时刻,给交叉口 2 的初始相位位置最小绿灯时间;

②在最小绿灯时刻末,通过检测当前相位和下一相位的排队长度,用单交叉路口神经网络模糊控制方法判断是否延长绿灯时间进而决定是否进行相位变换;

③如果切换相位则转到下一相位,置该相位最小绿灯时间,并置该相位的标志为 1,返回②;如果各相位的标志都为 1 则开始一个新的周期;

令 $m=m+T$,检验 $m>6T$ 成立否,若成立,则到下一步;否则,返回①;

4)协调单元由本阶段测得的相邻交叉路口的交通量和各交叉路口的绿信比,运用韦伯斯特最佳周期计算公式计算下一阶段所用的周期;用神经网络模糊控制方法根据相邻交叉路口间的车辆密度确定下一阶段的相位差。返回 2)。

3 神经网络模糊控制器的设计

采用神经网络模糊控制方法实现相邻交叉路口的协调控制。第 1 级控制各个单交叉路口,调整各方向的绿信比;第 2 级利用各路口测得的交通流数据,确定相邻交叉路口的周期和相位差。

控制级神经网络模糊控制器的设计和文献 [5] 相似。下面介绍协调级神经网络模糊控制器的设计。

协调级的作用主要是确定相邻路口的信号周期和相位差。为了保证相邻交叉路口具有相同的信号周期,先按单个交叉路口的配时方法,用韦伯斯特最佳周期计算公式确定每个交叉路口的周期,取最长的作为一次循环的周期,然后比较每次循环的周期大小,取最长的作为下一阶段的统一使用的周期。韦伯斯特最佳周期计算公式为:

$$C_0 = \frac{1.5L+5}{1-Y} \tag{1}$$

式中: L 为每个周期总的损失时间, Y 为交叉口交通流量比。

相位差的大小取决于路口间的车流速度。根据经验可知:车辆密度大,则车速降低;反之则车速变高。假设相邻交叉路口间的车种单一,已知车流速度 v 则相位差为:

$$t=S/v \tag{2}$$

S 为两交叉口之间的距离。

以相邻交叉路口间的车辆密度作为控制器的输入变量,输出变量是路口间的车流速度。假设相邻路口间的距离是 720 m,平均车长约 6 m,定义输入变量的论域为 $[0, 120]$ (veh/lane),模糊子集为:很稀、较稀、稀、中等、稠、较稠、很稠。输出变量的论域为 $[0, 90]$ (km/h),模糊子集为:很慢、较慢、慢、中等、快、较快、很快。隶属度函数均为三角形函数。相邻交叉路口间的车辆密度、车流速度隶属度函数曲线如图 4所示。

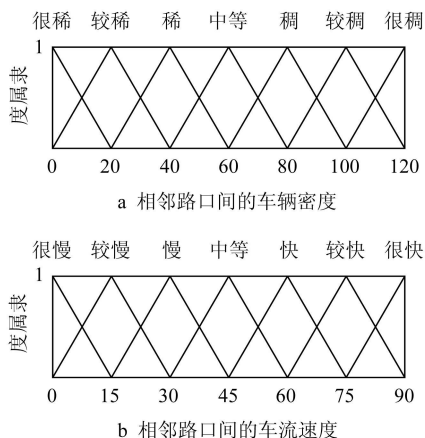


图 4 车辆密度、车流速度的隶属度函数

这里用一个单隐层的 BP网络模糊控制器,网络结构如图 5所示。

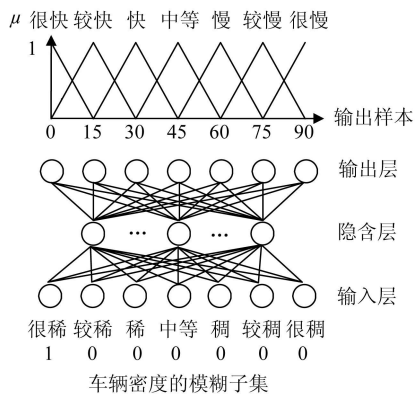


图 5 BP网络结构图

网络的每一个输出单元都对应输出变量空间中的一个量化值。因此,输出的模糊子集就可用量化空间上的隶属函数来表示。输入变量的论域分为 7挡,即 $\{0, 20, 40, 60, 80, 100, 120\}$ 。输出变量的论域分为 7挡,即 $\{0, 15, 30, 45, 60, 75, 90\}$ 。可将控制规则“车辆密度是很稀,则车流速度是很快”输入信号表示为: $[1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0]$,其中 $\mu_{\text{很稀}}(0) = 1$,表示车辆密度 0属于模糊子集很稀的隶属度为 1,其余都为 0。输出信号的模糊子集是很快,对应的模糊量为 $[0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 1]$ 。 $\mu_{\text{很快}}(90) = 1$,表示车流速度 90属于模糊子集很快的隶属度为 1,其余都为

0。控制规则如表 1所示。表 1中的模糊量数据根据各自的隶属度函数曲线图中可知。

表 1 控制规则及模糊量

车辆密度		车流速度	
很稀	1000000	很快	0000001
较稀	0100000	较快	0000010
稀	0010000	快	0000100
中等	0001000	中等	0001000
稠	0000100	慢	0010000
较稠	0000010	较慢	0100000
很稠	0000001	很慢	1000000

因此,经过训练的网络就相当于一个模糊关系存储器。隐含层节点数可参考下式:

$$m = (p + q)^{0.5} + a \quad (3)$$

式中:m为隐含层节点数,p为输入层节点数,q为输出层节点数,a为 1~10之间的常数。这里输入层节点有 7个,输出层节点有 7个,经过反复试验,确定隐含层有 10个节点。

4 仿真实验与分析

用 Matlab编写相邻交叉路口神经网络模糊协调控制方法的仿真程序。文中假设车辆密度不大,车流间相互影响小的车辆到达率服从泊松分布;车辆密度大,交通拥挤的车辆到达率服从二项分布。东西直行方向饱和流量 3 600 veh/h 南北直行方向饱和流量 1 800 veh/h 左转方向饱和流量 1 200 veh/h 东西直行相位的最小绿灯时间 20 s 最大绿灯时间 60 s 其他相位最小绿灯时间 15 s 最大绿灯时间 40 s

文中分别对东西直行方向车流量在不同交通量情况下进行了仿真,以每个周期内的车辆平均延误作为控制指标,来判断 2种控制各自的控制性能。在完全相同的条件下对感应控制也进行了仿真,仿真结果见表 2。

表 2 神经网络模糊控制与感应控制方法比较 (s/veh)

东西直行车流量 (veh/h)	神经网络模糊协调控制	感应控制
1 000	30.2	35.5
1 200	33.5	41.3
1 500	40.8	49.4
2 000	46.9	62.1
2 500	55.4	74.9
3 000	62.3	87.6

(下转第 106 页)

置,目的是提高扫描开关的利用率并减少因为同时检定造成的过度切换磨损。

于是提出通用扫描开关解决方案 (Universal Switch Solution 简称 USS)。USS需要把不同规格的扫描开关作为一个整体统一管理,因此在设计数据结构时需要尽量完整地考虑其不同之处并进行详尽区分,进而针对不同的扫描开关设计统一的处理模式,在程序编制的时候就不用考虑因扫描开关类型不同带来的代码修改,从而实现解决方案的通用性。

5)通用证书解决方案 (UCS)

现有的自动检定系统针对证书的解决方案一般有如下 2 种方式:一个是设计统一的原始记录和证书的模板,另一个是针对用户提供的原始记录和证书模板编制专门的程序模块。前一种方式提供用户关注的绝大多数数据,并使用统一的模板,但用户常常有自己的特殊要求,统一模板不能一一满足这些要求;而为满足不同用户的特殊要求,对每个用户专门设计的证书打印模块,则对程序版本的维护非常不利,且安装与部署不同的客户工作量较大。

于是提出通用证书解决方案 (Universal Certification Solution 简称 UCS),这一解决方案提供用户在检定之前输入的信息,通过采样和计算得到的结果信息以及其他周边信息,并以统一的格式告知用

户这些信息的提取方法和接口文档。用户只需要根据这些文档,在示例模板的基础上调用需要显示在原始记录和检定证书的信息,定制出自己的模板。

3 总结

TCM 热工群控自动检定系统,功能上实现了多台炉槽的同时与分时检定;系统软件在模块化和通用组件配置方面进行了有效地实践。在设计阶段本着从用户需求出发,人机界面根据以往系统软件设计的经验,开发出满足用户使用方便的功能特点,强调用户操作简单,周边维护方便,系统配置灵活。

参考文献:

- [1] 国防科工委科技与质量司. 热学计量 (计量培训教材) [M]. 北京:原子能出版社, 2002.
- [2] 邵树成,王振华. JJG351-1996 工作用廉金属热电偶检定规程 [S]. 北京:中国计量出版社, 2001.
- [3] 仲扶云,敬文淑. JJG141-2000 工作用贵金属热电偶检定规程 [S]. 北京:中国计量出版社, 2000.
- [4] 宋年兰. JJG229-1998 工业铂、铜热电阻检定规程 [S]. 北京:中国计量出版社, 2001.
- [5] 王树青. 工业过程控制工程 [M]. 北京:化学工业出版社, 2005.
- [6] 季建华. 智能仪表原理、设计及调试 [M]. 上海:华东理工大学出版社, 1994.

(上接第 103 页)

5 结论

针对交通流具有时变性、随机性和不确定性等特点,同时考虑相邻交叉路口之间的相关性,把模糊理论和神经网络结合起来进行相邻交叉路口的实时协调控制,这种控制方法具有较强的学习能力和容错性。仿真结果表明,神经网络模糊协调控制能有效减小相邻交叉路口的车辆平均延误,改善相邻交叉路口交通状况。

参考文献:

- [1] 李灵犀,高海军,王飞跃. 两相邻路口交通信号的协调控制 [J]. 自动化学报, 2003, 29(6): 947-952.
- [2] 罗凌,林岩. 基于多智体的城市区域交通模糊控制 [J]. 信息与电子工程, 2008(2): 19-24.
- [3] 沈国江,孙优贤. 城市交通干线递阶模糊控制及其神经

网络实现 [J]. 系统工程理论与实践, 2004, 25(4): 99-105.

- [4] 刘红红,杨兆升. 基于神经网络的实时交通信号控制与仿真研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2008(4): 139-143.
- [5] 曹洁,李振宸,任冰. 基于神经网络模糊控制的单交叉口信号控制 [J]. 兰州理工大学学报, 2010(1): 86-90.
- [6] 杨立才,贾磊,王红. 双交叉口两级模糊协调控制算法的研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2005(6): 33-38.
- [7] 宋现敏,孙锋,王殿海. 两相位交叉口车辆冲突延误模型 [J]. 吉林大学学报:工学版, 2009(2): 326-330.
- [8] Jeffrey L Adler Victor J Blue. A cooperative multi-agent transportation management and route guidance system [J]. Transportation Research Part C, 2002(10): 433-454.