

交叉口多相位信号设计模糊专家系统理论研究

成卫¹, 李学敏², 陈淑翔²

(1. 昆明理工大学 交通工程学院, 云南 昆明 650224; 2. 昆明市交通警察支队 云南 昆明 650000)

摘要: 相位设计是信号设计的首要步骤, 信号相位直接影响交通流运行的安全性和交叉口可提供的通行能力. 本文系统论述了相位相序设计的新理念, 提供多相位相序设计的原则和方法. 针对交叉口交通流的随机性和不确定性的特点, 利用模糊数学理论, 构造了多相位信号模糊专家系统的理论框架, 设计了详实的模糊规则库, 使更为灵活的多相位设计成为可能, 为交叉口多相位设计提供了思路.

关键词: 多相位设计; 模糊理论; 专家系统

中图分类号: U 491 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007- 855X(2005)01- 0072- 05

Research on Theory of Multi- Phase Signal Design with Fuzzy Expert System for Intersection

CHENG Wei¹, LI Xue-min², CHEN Shu-xiang³

(1. Faculty of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China;

2. Kunming Detachment of Traffic Police, Kunming 650000, China)

Abstract: The new philosophy for the implementation of multi- phase arrangements, and methods of phasing design are discussed. According to the characteristics like randomness and uncertainty of the traffic flow at intersection, the paper proposes the frame of fuzzy expert system for multi- phase signal is proposed and integrated fuzzy rule base with fuzzy logic theory is developed, which enables signal phase to adopt more flexible design. Paper provides new thoughtfulness for multi- phase design.

Key words: multi- phase design; fuzzy logic; expert system

0 引言

信号控制的效果取决于相位方案的设置是否合理. 相位设计决定了如何引导一个信号交叉口各个方向交通流的运行, 是信号设计的首要步骤, 直接影响交通流运行的安全性和交叉口可提供的通行能力^[1].

在以往对交叉口信号的控制研究中, 通常着重考虑配时设计. 实际上, 相位设计和配时设计是定性和定量的关系, 对信号相位研究不够充分, 常难以求得最佳信号控制方案.

简单的两相位方案常被广泛使用, 然而, 随着交通量的剧增, 这种传统的信号控制已远远不能适应形势的发展, 因此, 改变相位设计的理念, 广泛建立多相位的信号控制方式, 减少传统交叉口信号控制中资源的损失, 对于交叉口交通状况的改善是十分必要的.

专家系统是一个具有大量专门知识与经验的程序系统, 其存储有某个专门领域中经过事先总结、分析并按某种模式表示的专家知识(组成知识库), 以及拥有类似于领域专家解决实际问题的推理机制(构成推理机). 系统能对输入信息进行处理, 并运用知识进行推理, 做出决策和判断, 其解决问题的水平达到或接近专家的水平, 因此能起到专家或专家助手的作用. 信号相位设计需要丰富的判断性经验知识, 是交通信号设计中有规律可寻的工作, 因此, 专家系统可以作为解决这一问题的工具. 目前, 专家系统主要采用基于

收稿日期: 2004- 07- 13.

第一作者简介: 成卫(1972~), 男, 博士, 讲师. 主要研究方向: 交通信息工程与控制. E-mail: chengwei-ding@163.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

规则的知识表示和推理技术, 研究领域的知识更多是不精确或不确定的. 研究信号交叉口交通流运行规律可以发现其较强的随机性和不确定性, 决定其特征难以用精确的数学模型表示. 而模糊数学针对的研究对象通常正是那些包含非定量信息的不确定性系统, 它能利用模糊集的概念将不确定信息定量地表示出来, 并以接近人的形象思维方式进行定性分析和推理. 因此, 把专家系统和模糊理论结合在一起, 进行信号相位的设计将是一类很有发展前途的方法.

1 多相位模糊专家系统框架

如图 1 所示, 所设计的模糊专家系统不仅能提供交叉口可能的相位组合, 而且能设计适合交叉口交通运行状况的信号相位. 为了设计合理的相位, 系统将从知识库中激活一系列规则以决定适合当前交通状况的相位. 相位的设计是根据交叉口车道上车队的排队长度和到达率的状态完成的, 关键就是选择恰当的隶属函数把交通状况转译为交通紧迫度作为相位设计决策^[2].

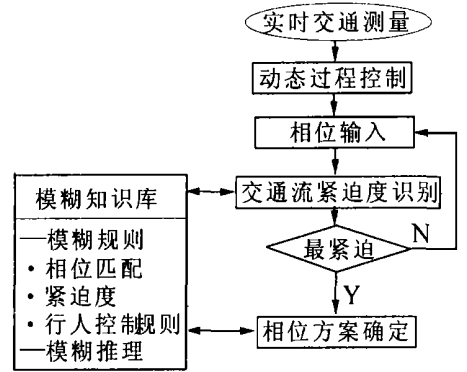


图 1 信号交叉口多相位模糊专家系统

Fig. 1 Multi-Phase signal design with fuzzy expert system at intersection

2 系统的建立

如图 2 所示, 系统建立的主要任务包括交通模式的评估, 非模糊交通知识的获取, 交通知识的模糊化以及模糊规则库的构建. 每一任务的建立过程如下所示.

2.1 交通状态描述

主要目的是选择合适的交通变量用于多相位的设计. 变量的选择如下:

- (1) 排队长度 (queue): 一条车道上两检测器间的等待车辆数, 反应当前交通消散的紧迫程度.
- (2) 到达率 (arrival rate): 每条车道上车辆的到达状况.
- (3) 紧迫度 (urgency), 与相应的交通流对应, 反映了交通状况是如何的恶劣.
- (4) 行人等待时间 (WT), 反映行人穿越街道的迫切性.
- (5) 车辆间距 (S), 反映车队消散的状态.

2.2 交通知识的获取与表达

2.2.1 相位知识库

由于在每次相位转换时都会有损失时间产生, 因而随着相位的增加, 在整个周期里, 损失的时间也增加, 通行能力受到影响. 为克服这一缺点, 在运用多相位时, 实行以整体车流为主的相位设计方法, 以车流通过交叉口的通行时间的均衡原则来确立相位. 根据整体车流为主的相位设计理念, 依据我国的具体情况, 采用如图 3 所示的相位匹配模式.

图 3 中有 6 种放行方式, a, b, c, d 种放行是东西向、南北向分别放行, 将它们组合可形成相位组合的基本方案. e, f 两种放行方式中包括含东西向和南北向两种方向的车流, 主要作为车流均衡调配所用, 形成调配相位.

信号相位的生成过程是一个分层次处理过程, 首先把相位方案设计为两个主相, 东西相和南北相; 设计主相时, 首先假设主相的设计与其它分相无关, 由于交通流之间的冲突, 两个主相是密切相关的(即 a, b, c, d 种放行方式匹配). 因而在设计主相后, 为避免交通流被割裂, 使各相位获得通行权的车流在数量和通行时间上更为均衡, 需要加入特殊相位, 即相关的分相.

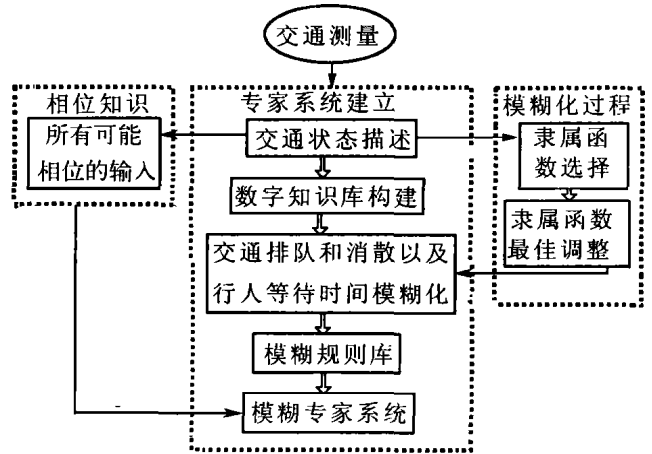


图 2 模糊专家系统的建立

Fig. 2 Design of fuzzy expert system

基本方案有5种匹配,以东西相位为例:

1) 是东西向 a 和 b 组合,称为双向左转相位.其适用条件为:左转车流都满足设置保护相位,相对向的左转车流量基本相当.实施这一相位后,可以基本上避免对向左转冲突和同向左转冲突的发生.

2) 是东向 c 和西向 c 组合,其适用条件为:左转车流都需设置保护相位,左转车流量差值 75VPH 以上,相对向的直行车流不均衡,差值在 100 VPH/车道以上.实施这一相位,将会出现左转自行车与同向直行车之间的交通冲突,为此有必要设置自行车专用相位或考虑非机动车左转时空分离.

3) 是西向 c 和东向 b 及东向 c 组合,称前导和后滞相位.其适用条件为:相对向的左转车流满足设置保护式相位,左转车流量差值在 75VPH 以上,对向的直行车流量大,差值在 100VPH 以下,利用直行车流作为过渡信号阶段,即搭接相位,可以减少相位交替的损失时间.在实施这一相位时,也有必要设置自行车专用相位或考虑非机动车左转时空分离.

4) 是西向 c 或 a 与东向 d 组合,即对某进口的左转车流先给予保护,然后给予许可相位,称之为混合式相位.在自适应左转相位中,可根据交通流的变化情况灵活调节保护式和许可式的比例,以便取得最优的信号方案.此模式的优点在于将减少以牺牲其它相位时间为代价而利于左转车流的情况.实施这一相位,由于其间存在许可相位,有可能造成左转自行车与同向直行车之间的冲突,应慎重使用.

5) 是在基本方案中插入 e 或 f 的特殊方案,实现车流的均衡调配.

根据上述的匹配模式,在进行相位设计时,由于不能确定何时何地首先采用哪一相位,只能运用经验判断,这就需要根据专家知识建立控制模型,而不是根据过程本身建立模型.

2.2.2 交通知识的模糊化及模糊规则库的建立^[3,4]

在所有可能的相位匹配中(如图3所示),选择一个相位作为绿灯相位.观察所有相位交通状况并选择最为紧迫的相位.它的输入是所有可能相位,而输出是所选定的相位和它的紧迫度.为获得选定的相位,必须建立相位的紧迫度.相位的紧迫度反映了相位交通状况是如何的恶劣,它的获得是通过计算相应相位下所有交通流紧迫度的平均值得到的.而交通流紧迫度是交通流交通状况的描述.比较所有相位的紧迫度,并选择具有最大紧迫度的相位为确定方案.

评价交通流紧迫度的模糊规则有2个输入,1个输出.输入量:(1)一条车道上两检测器间的等待车辆数(queue);(2)每条车道上车辆的到达率(arrival rate).输出量:紧迫度(urgency),与相应的交通流对应.其中,输入量反映了当时的

交通状况.将输入量的数值应用到相位模糊规则中,然后将模糊紧迫值解模糊,就得到交通流的紧迫度.相位模块模糊规则建立的基本思路是,随着等待车辆数和上游车辆到达率的增加,交通状况变得更紧迫.对每一输入和输出量建立模糊量词.表1显示了模糊规则表.

语言变量的模糊化显示于图4.

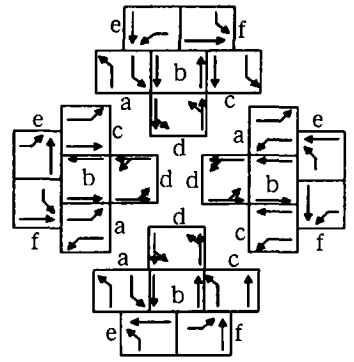


图3 平面交叉口相位匹配图
Fig.3 Phase design of intersection

表1 模糊规则表

Tab.1 Fuzzy rule table

到达率	排队车辆			
	非常少(VS)	少的(S)	中等(M)	大量(L)
小的(L)	零(Z)	零(Z)	中等(M)	很紧(VH)
差不多(AM)	零(Z)	稍紧(LH)	中等(M)	很紧(VH)
大的(H)	零(Z)	稍紧(LH)	中等(M)	很紧(VH)
非常大(VH)	零(Z)	稍紧(LH)	很紧(VH)	很紧(VH)

WT 是长的 and A 非常少

WT 是长的 and A 有一些

WT 是长的 and A 有许多

4 专家系统效果评价

1) 相位设计的交通安全原则: 交叉口交通流之间的冲突是造成交通事故的主要原因, 效果评价采用交通流冲突点数量来表示相位设计对交叉口交通安全度的影响。

2) 相位设计的通行能力原则: 通过减小绿灯时间间隔和相位总损失时间来提高通行能力。

3) 相位设计的行人便利原则: 给行人安全穿越街道的机会, 且花费最少的等待时间。

4) 因此, 相位设计专家系统的效果评价指标(PIPD)

$$PIPD = K_L \sum_i l_i + K_c \sum_i c_i + K_w \sum_i w_i + K_E \sum_i e_i$$

式中: l_i, K_L —— 第 i 相位的信号损失时间和相应的修正系数;

c_i, K_c —— 第 i 相位的车流冲突点个数和相应的修正系数;

w_i, K_w —— 第 i 相位的行人等待时间和相应的修正系数;

e_i, K_E —— 第 i 相与上一相位的绿灯间隔时间和相应的修正系数。

在建立了评价指标后, 根据交叉口的交通要求, 确定各项参数, 计算确立的目标函数, 选择最小值作为专家系统效果优劣的评价。

5 结论

论文介绍了一种多相位设计的模糊专家系统的理论框架, 构造了详实的专家系统知识库, 提供了基本的相位匹配模式和模糊规则库。研究将交通工程的理论知识同模糊理论、专家系统相结合, 提出了平面交叉口相位方案设计的智能化思想, 随着高新技术在交通领域的广泛应用, 这方面的研究对于解决城市交通信号控制将具有重要意义。

参考文献:

- [1] 全永桑. 城市交通控制[M]. 北京: 人民交通出版社, 1989. 1~ 10.
- [2] 刘有才, 刘增良. 模糊专家系统原理与设计[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 1994. 344~ 345.
- [3] 韩启纲. 计算机模糊控制技术与仪表装置[M]. 北京: 中国计量出版社, 1999. 235~ 267.
- [4] Niittymaki J. Using Fuzzy Logic to Control Traffic Signal at Multi-Phase Intersection[C]. In: Reusch B. (Ed). Computational Intelligence - Theory and Applications, International Conference, 6th Fuzzy Days, Dortmund, Germany, May 1999, Proceedings. Springer, Berlin-Heidelberg 1999. 56~ 66.
- [5] Jarkko Niittymaki, Matti Pursula. Signal Control Using Fuzzy Logic[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 116: 36~ 42.
- [6] 印鉴, 刘星成, 汤庸. 专家系统原理与编程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000. 211~ 226.