

城市道路信号交叉口配时系统优化设计

骆 勇

LUO Yong

西华大学 交通与汽车工程学院, 成都 610039

School of Traffic and Auto, Xihua University, Chengdu 610039, China

E-mail: luoyongaaa@126.com

LUO Yong. Optimum simulation design of urban crossroad signal control simulation. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(21): 229-231.

Abstract: The design instruction mainly introduces the emulation system of circulating of the signal crosses, including creating the mathematics model according to the character of the crosses, using the coefficient of dispersion emulation means, controlling the emulation steps by the random variants created by the computer, finally outputting all kinds of targets needed, and analyzing the results.

Key words: cross road; model; simulation; assigned time

摘 要: 在讨论城市道路交叉口运营特征的数学模型基础上, 采用优化算法进行设计配时方案。优化算法以事件步长法推进仿真钟, 模拟输出运行延误, 通行能力和饱和度等主要评价指标。在对输出结果进行分析后, 可以对信号控制交叉口进行通行效率评价。

关键词: 交叉口; 模型; 仿真; 配时

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.21.066 文章编号: 1002-8331(2009)21-0229-03 文献标识码: A 中图分类号: U491.2

城市交通繁忙的平面交叉口一般都设置信号灯管制交通。信号交叉口的通行能力与信号控制设计有密切关系。选择优化的方案来最大限度地发挥平面交叉口的通行能力, 减少延误, 以解决交通瓶颈难题。信号控制交叉口的交通设计方案较为复杂, 为了对信号控制交叉口进行快速评价, 可以利用计算机进行优化仿真, 得到交叉口饱和度、流量比、车道通行能力、车辆延误等一系列数据, 供规划设计人员进行交叉口设计时作为参考。

1 信号交叉口的交通流特性分析

信号交叉口车流的运行特性及其通行能力, 直接取决于信号配时的情况。根据信号周期长度及每个信号相所占时间的长短, 可以计算出交叉口的通行能力。

1.1 信号交叉口通行能力计算模式

信号交叉口通行能力采用“停车断面法”, 交叉口停车线断面上不同车道的通行能力按以下公式计算^[1-3]:

(1) 一条直行车道的通行能力 C_s (单位: 辆/h)

$$C_s = \frac{3600}{C} \cdot \frac{G - \frac{v_s}{2a}}{t_s} \quad (1)$$

式中: C 为信号周期一般, $C=60\sim 90$ s; G 为一个周期内的绿灯时间(s); v_s 为直行车辆通过交叉口的车速(m/s); a 为平均加速度

(m/s²), 小型车为 0.6~0.7 m/s², 中型车为 0.5~0.6 m/s², 大型车为 0.4~0.5 m/s²; t_s 为直行车平均车头时距(s)。车多时为 2.2~2.3 s, 车少时为 2.7~2.8 s, 平均 2.5 s。

(2) 一条右转车道的通行能力 C_r (单位: 辆/h)

$$C_r = \frac{3600}{t_r} \quad (2)$$

式中 t_r 为右转平均车头时距(s)。

根据观测, 平均 $t_r=3.0\sim 3.5$ s, 即在无行人过街干扰时, $C_r=1000\sim 1200$ 辆/h, 过街人流量大时降至 300 辆/h。

(3) 一条左转车道的通行能力 C_l (有左转专用信号显示, 单位: 辆/h)

$$C_l = \frac{3600}{T} \cdot \frac{G - \frac{v_l}{2a}}{t_l} \quad (3)$$

式中: C_l 为一个周期的左转显示时间(s); v_l 为一条左转车通过交叉口的车速(m/s); t_l 为一条左转车平均车头时距(s)。取 $t_l=2.5$ s。

(4) 一条直左混行车道的通行能力 C_{sl} (单位: 辆/h)

左转弯车通过时间约为直行车的 1.5 倍, 则:

$$C_{sl} = C_s \left(1 - \frac{1}{2} \beta_1\right) K \quad (4)$$

式中: β_1 为一条直左车道中左转弯所占比例; K : 折减系数, 常取 $K=0.7\sim 0.9$ 。

基金项目: 四川省两重项目 (No. SZD0410)。

作者简介: 骆勇 (1970-), 副教授, 工学博士, 研究方向: 城市交通规划与设计。

收稿日期: 2009-04-08 修回日期: 2009-05-18

1.2 道路通行能力与饱和度

1.2.1 信号相位的通行能力与饱和度

$$C = S \cdot \left(\frac{g}{c} \right) \quad (5)$$

式中: C 为该相位的通行能力(veh/h); g/c 为该相位所能获得的有效绿信比, 用 λ 表示, 即 $\lambda = g/c$ 。

为了便于比较通行能力和实际交通量, 定义将一个相位的实际到达流量即交通量 q 与该相位饱和流量 S 的比值称为流量比 y , 将 q 与通行能力 C 之比称为该相位的饱和度 x , 即:

$$x = \frac{q}{c} = \frac{qc}{Sg} = \frac{y}{\lambda} \quad (6)$$

通常将流量比 y 看成常量, 它反映实际的通行需求量, 把绿信比 λ 看成可控参数, 它代表可提供的通行能力。饱和度 x 则与这两个反映交叉口通行“供求”关系的参数相关。为了提供足够的通行能力, 必须满足下式: $C > q$ 或 $x < 1$ 。即:

$$S_g > q_c \quad (7)$$

$$\lambda > y \quad (8)$$

显然只要加大有效绿信比就可以加大该相位的通行能力, 或者说降低其饱和度。虽然这种方式可以使该相位的通行能力得以提高, 但是这会使得其冲突相位的通行能力相应降低。有必要把整个交叉口的各个相位作为一个整体来考虑, 研究整个交叉口的总通行能力和饱和度。

1.2.2 交叉口总通行能力与饱和度

交叉口通行能力就是一个交叉口对于各个方向(或相位)全部车流所能提供的最大允许通过量。如果一个交叉口具有足够的通行能力, 那么对于每一个相位都可以建立一个不等式 $\lambda > y$ 。将一个交叉口所有关键相位的不等式合并, 就可以得到整个交叉口总通行能力应该满足的关系式:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i > \sum_{i=1}^n y_i \quad (9)$$

式中: $i=1, 2, \dots, n$, 即第 1, 2, \dots, n 个关键相位。

在式(9)中, 不等式左边即等于交叉口总的有效绿信比, 用 $\lambda_{\text{总}}$ 表示, 其具体含义是全部“关键相位”有效绿灯时间总和与信号周期时长之比:

$$\lambda_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (10)$$

公式(11)等式右边为整个交叉口总的流量比, 用 Y 表示, 即全部“关键相位”流量比的总和:

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i \quad (11)$$

由上式可演变得到如下形式:

$$\lambda_{\text{总}} = \frac{(c-L)}{c} \quad (12)$$

式中: $c-L = \sum g$, 即全部关键相位的有效绿灯时间总和。

交叉口的总饱和度是指饱和程度最高的相位所达到的饱和度和值, 而并非各相位饱和度之和。饱和度实用限值在 0.8~0.9 之间, 交叉口就可以获得较好的运行条件。在某种特定的条件下, 如交通量很大, 而交叉口周围的环境条件又较差, 为减少交叉口建设投资, 可以采用更高的限值。其实用极限值为 0.95。交叉口服务水平一般由延误来体现。信号交叉口服务水平

根据美国通行能力手册确定为 A-F 级。

1.3 信号灯配时计算基本算法

采用英国 TRRL 方法的基础并加以改进进行计算信号优化配时。

1.3.1 进口道饱和和流量的计算

$$s(r, f, \delta_n, G, \omega_1) = \frac{2080 - 140 \delta_n G + 100(\omega_1 - 3.25)}{1 + \frac{1.5f}{r}} \quad (13)$$

式中: r 为转弯车辆转弯半径; f 为转弯车辆所占比例; δ_n 为表示车道所处的位置; 靠边车道取 1, 非靠边车道取 0; G 为坡度, 上坡时取 1, 下坡时取 0; ω_1 为车道宽度, 取 $\omega_1 = 3.0$ m。

1.3.2 信号损失时间

在一次信号周期内, 任何方向车辆都不能通过的时间, 属于信号损失时间, 包括绿灯间隔时间和起动损失时间。其中起动损失时间据英国时测为 1.35 s。

1.3.3 最佳周期长(ARRB 修正法)

$$C_0 = \frac{(1.4+k)L+6}{1-Y} \quad (14)$$

式中: L 为每个周期的总损失时间(s); Y 为相位流量比最大值总和; K 为停车补偿参数, 按不同的优化要求, 取不同的值。要求油耗最小时, 取 $k=0.4$; 消费最小时, 取 $k=0.2$; 延误最小时取 $k=0$ 。

2 信号配时的仿真程序设计

该仿真系统采用事件步长法来控制仿真动态进程。仿真模型中的时间控制部件用于仿真钟的推进。仿真钟用于表示仿真时间发生的变化。在连续系统仿真中, 将连续模型进行离散化而成为仿真模型时, 仿真时间发生的变化基于仿真步长的确定, 可以是定步长, 也可以是变步长^[4-9]。车辆的到达当采用负指数分布作为单车道交通流的车头时距分布时, 理论上会得出大量的 0~1 s 的车头时距, 但在实际上这种情况不可能出现。为了改正这种不合理, 可将负指数分布曲线从原点 0 沿 t 轴向右移一个最小间隔长度 τ 。根据调查数据确定, τ 一般在 1.0~1.5 s 之间, 得到位移负指数分布曲线, 它可以更好地模拟观测数据。位移负指数分布的产生方法比较简单, 先利用随机数发生器 $\text{Rnd}()$ 产生在 $[0, 1]$ 上均匀分布的独立随机变量 u , 并令:

$$u = F(x) = 1 - e^{-\frac{(x-\tau)}{T-\tau}} \quad (15)$$

从而可得:

$$x = F^{-1}(x) = -(T-\tau) \ln(1-u) + \tau \quad (16)$$

u 是在 $[0, 1]$ 区间上均匀分布的独立随机变量, 则 $1-u$ 也是 $[0, 1]$ 区间上均匀分布的独立随机变量, 即 u 与 $1-u$ 的分布相同, 则上式可改写成:

$$x = (\tau - T) \ln(u) + \tau \quad (17)$$

x 即为所需的服从位移负指数分布的随机变量。

仿真系统主程序流程见图 1 所示。

3 仿真运行结果

(1) 仿真输入窗体

仿真程序在运行前要输入交叉口各个进口车道的小时交通量及每个相位的配时和饱和流量。数据输入窗体见图 2 所示。各数据采集采用实地调查获得。

(2) 仿真运行窗体

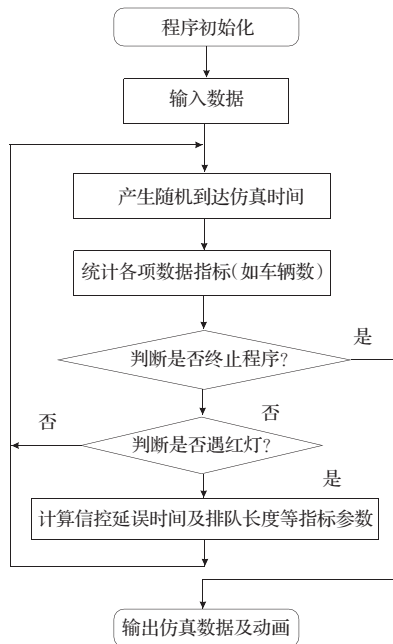


图1 程序流程图

	东进口	西进口	南进口	北进口
左转	156	234	226	204
直行	408	414	446	400
右转	260	237	252	192

图2 数据输入窗体

仿真运行窗体如图3所示。

4 结束语

首先讨论城市道路交叉口运营特征的优化数学模型,对通

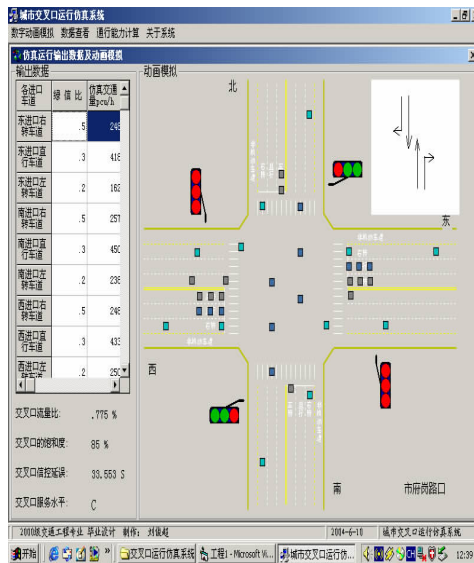


图3 仿真运行窗体

行能力和信号配时的计算进行探讨。采用事件步长法作为推进仿真钟,仿真输出运行延误,通行能力和饱和度等指标。对输出结果进行分析,可以对信号控制交叉口进行评价。该仿真系统实际应用于城市道路交叉口工程改进优化与评价中,取得了较好的效果。

参考文献:

- [1] 刘运通.交通系统仿真技术[M].北京:人民交通出版社,2002.
- [2] 王炜.公路交叉口通行能力分析[M].北京:科学出版社,2001.
- [3] 杨晓光.城市道路交通设计指南[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [4] 熊光耀.连续系统仿真与离散系统仿真[M].北京:清华大学出版社,1991.
- [5] 西南交通大学.国际物流与运输大会学术论文[C].成都:西南交通大学出版社,2004.

(上接 217 页)

的用户数据,诊断结果可信度数据如表,从表中可以看出诊断结果准确可靠。

3 小结

设计了基于人工神经网络的葡萄病害诊断专家系统。以常见的 18 种主要病害为研究对象,采用通过实践和论证的专家知识作为学习样本,输入神经网络进行训练,形成人工神经网络推理机。同时采用知识库,推理机和人工神经网络分析相结合系统结构来优化专家系统,在实现系统鲁棒性和推理能力的同时提高了系统的响应速度和推理精度。通过实践证实了该系统的有效性和实用性。

参考文献:

- [1] Ritchie J T,Hanks R J.Wheat phasic development [J].Modeling Plant and Soil System,1991,10(1):31-54.
- [2] McDonald C.Expert systems and the pest research literature[J].Agricultural Systems and Information Technology,1997,7(1):22-24.

- [3] 徐胜祥,贺立源,黄魏,等.人工神经网络在柑橘生产专家系统中的应用[J].计算机应用研究,2006,2:138-141.
- [4] 徐胜祥,贺立源,黄魏,等.基于 Web 的柑橘生产专家系统的设计[J].计算机工程与应用,2006,45(1):212-215.
- [5] 刘树文,王庆伟,何东健,等.基于模糊神经网络的葡萄病害诊断系统研究[J].农业工程学报,2006,22(9):144-147.
- [6] 朱立武,李绍稳,刘厚胜,等.砀山酥梨栽培专家系统的设计与实现[J].安徽农业大学学报,2001,28(3):259-262.
- [7] 陈谦,温秀云.葡萄病虫害原色图谱[M].济南:山东科学技术出版社,1994.
- [8] Graupe D.Principles of artificial neural networks[M].2nd ed.Singapore:World Scientific,2007.
- [9] 高大启.有教师的线性基本函数前向三层神经网络结构研究[J].计算机学报,1998,21(1):80-85.
- [10] 刘振凯,贵忠华.基于人工神经网络的知识获取方法[J].计算机应用研究,1999,16(5):7-9.
- [11] 曹猛,舒新峰.C# 与 ASP.NET 程序设计[M].西安:西安交通大学出版社,2005.
- [12] 葛哲学,孙志强.神经网络理论 MATLAB R2007 实现[M].北京:电子工业出版社,2007.