

基于交通冲突技术的交叉口安全状况灰色聚类评价研究

成 卫, 王贵勇

(昆明理工大学 交通工程学院, 云南 昆明 650224)

摘要: 引入了交通冲突技术进行道路交叉口的交通安全评价, 提出了以早高峰、平峰、晚高峰三个典型时段的交通冲突与混合当量交通量的比值 (TC/MPCU) 作为评价指标, 对交叉口进行安全评价的交通冲突灰色聚类评价法, 设计了计算软件. 克服了多个时段交通量与冲突数据调查所带来的耗时耗力问题, 同时也比以往采用时均 (TC/MPCU) 比值的评价法更客观、更准确, 为交叉口的安全评价提供一种新的研究途径.

关键词: 平面交叉口; 交通冲突技术; 灰色理论; 道路交通安全

中图分类号: U491.265 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2005)03-0106-05

Gray Cluster Evaluation of Safety at Intersections by Traffic Conflict Technique

CHENG Wei, WANG Guiyong

(Faculty of Transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China)

Abstract The traffic conflict technique is taken as new evaluating method to overcome the drawbacks of present accidents statistics. By introducing the ratio of traffic conflict and mixed passenger car unit (TC/MPCU) as a safety evaluation factor, gray cluster evaluation is brought forward based on traffic conflict technique, which takes three TC/MPCU into consideration, namely that of morning climax, common and evening climax. Software is developed to calculate the statistics, which overcomes original waste in time and energy in calculating and is more objective and precise. This, therefore, provides a new method for safety evaluation at intersections.

Key words intersection; traffic conflict technique; gray theory; road traffic safety

0 引言

传统的安全评价主要是根据交通事故的统计数据来实施的, 然而, 交通事故的统计存在不完备性和随机性, 且统计周期长, 这样一来, 对于急于进行交通改造的小区域内 (如交叉口) 显出明显的不适应性. 交通冲突技术就是为适应这一需要而建立的道路安全评价方法.

1 交叉口交通冲突的概述

1.1 交通冲突的定义^[1]

在平面交叉口安全评价中, 交通冲突是在可观测条件下, 两个或两个以上道路使用者在同一时间、空间上相互接近, 如果其中一方采取非正常交通行为, 如转换方向、改变车速、突然停车等, 除非另一方也相应采取避险行为, 否则, 会处于碰撞的境地. 这一现象就是交叉口的交通冲突.

1.2 交通冲突与交通事故的关系

1) 交通冲突与事故的相关性^[2]

交通冲突的实质是交通行为不安全因素的表现形式, 其发展既可能导致事故发生, 也可能因采取的避

收稿日期: 2004-11-03

第一作者简介: 成卫 (1972-), 男, 博士, 讲师. 主要研究方向: 交通控制与安全. E-mail: chengwei_ding@163.com

险行为得当而避免事故发生, 因而事故与冲突存在着极为相似的形式, 两者的唯一差别在于是否发生了直接的损害性后果. 事故与冲突的关系可用冲突的严重性程度进行描述. 交通冲突研究的关键在于判定是否为严重冲突, 以及确定严重冲突与事故的定量关系.

2) 交通冲突与事故的替换性研究

冲突与事故的相关性研究表明, 二者之间存在着一定的相互替换关系^[3]. 这一关系可由替换系数 π 予以描述, 即 π 值定义为一次冲突导致事故发生的概率.

$$\pi_1 = P_i \frac{C_i}{A_i} \quad \pi_2 = P_i \frac{A_i}{C_i} \quad (1)$$

式中: A —小时事故记录数; C —小时冲突记录数; P —泊松分布, 由最大似然估计值得出:

$$P_1 = \frac{\sum C_i}{\sum A_i} \quad P_2 = \frac{\sum A_i}{\sum C_i} \quad (2)$$

统计研究结果表明: 一次冲突导致事故发生的概率是 0.00001, 即平均 10 000 次冲突导致一次事故发生. 事故与冲突的换算系数具有较高的可信度水平, 可以作为独立的交通安全评价方法使用.

1.3 交通冲突的基本测定

事故分析方法的研究表明, 事故勘察测量主要根据 $T = S/V$ (时间 T 、距离 S 、速度 V) 的基本关系式, 即分别采用 $V-S$ 、 $T-V$ 或 $T-S$ 等三类测量参数来研究肇事责任者与事故接触点的关系. 交通冲突作为未产生损害后果的“准事故”, 测量参数可以作如下选择:

1) 冲突距离 (T_s): 指冲突当事者避险行为生效的瞬间位置距事故接触点的距离 (m).

- (1) 由经过专门训练的冲突观测员根据定义进行现场测量;
- (2) 由定点摄像——屏幕监控系统进行遥测记录.

2) 冲突速度 (C_s): 指冲突当事者避险行为生效时的瞬间速度 (m/s).

- (1) 由经训练的冲突观测员用雷达测速仪进行现场测量;
- (2) 由雷达测速仪——自动摄像——计算机接口监控系统进行测量记录;
- (3) 由车载记录仪——计算机接口监控系统追踪测量记录.

3) 冲突时间 (T_A): 指冲突当事者避险行为生效的瞬间至事故接触点的时间过程 (m).

- (1) 由冲突观测员根据目测的 (T_s) 值和 (C_s) 值, 查标准表得到;
- (2) 由中心监控室计算机编程输入处理.

根据对部分国家的交通冲突技术研究表明, 如果选用现场人工观测, 则应选择 T_s 、 C_s 作为测量参数, 并以 T_s 、 C_s 观测值导出 T_A 值作为冲突严重性判别参数较为合理^[3]. 目前对冲突严重性的分类方法主要有两类:

方法 1 选择距离作为度量参数, 即空间距离法. 该方法在实际应用中十分直观且合乎逻辑, 冲突双方之间的距离愈小, 则相撞的可能性就大, 当趋于无穷大时, 即发生事故.

方法 2 选择时间作为度量参数, 即时间距离法, 它在一定程度上综合反映了道路使用者避让事故所需要的空间距离、速度、加速度以及转向能力. 时间距离小可以反映出距相撞点距离很短或速度很高, 或两者都有. 这也正是部分国家建议采用时间距离法作为严重冲突度量参数的原因.

以上两种方法在安全评价中各有优缺点, 针对具体情况, 可选择不同的度量参数. 但无论采用何种参数, 其目的只有一个, 即迅速准确地判定出严重冲突.

在各种观测方法中, 观测员的现场测量是运用最为普遍的方法, 其冲突调查时间包括调查天数的确定和一天内调查时段的选择.

不同国家和组织对交通冲突调查时间的选取有很大差别^[4], 有的连续观测 2 d 有的连续观测 3 d 或 4 d 甚至 20 d 显然调查时间的选取非常重要, 它对保证冲突数据的均一性, 统计上的可靠性, 预测冲突率及事故预测的精度均有十分重要的影响. 结合我国的特点, 在一般地区进行冲突研究时, 应连续观测 4 d 每天时段是 7:00~19:00 每小时观测两次, 一次观测 20 min.

由此可见,现场人工观测的工作量是很大的.针对我国平面交叉口混合交通严重,冲突类型繁多的情况,建议采用录像观测,能够节省人力、物力和财力,观测精度较高且方便.

研究表明:当进入交叉口的车辆速度在较小的范围内变化时,用单一指标衡量能得到较满意的结果.本文针对我国平面交叉口冲突的实际情况,选择方法 2 作为判断冲突严重程度的标准.如果事先测定交叉口的各种距离作为参考距离,在这种参考距离下,可对车辆间的距离进行较精确的判断.在我国,根据不同车型特点,在不同车速下,判定冲突严重与否的临界距离已建立,在此不再详述.

2 交通冲突灰色评价法

以往利用交通冲突技术进行交通安全评价的研究是以观测的时均冲突数与时均混合当量交通量(TC/MPCU)之比来建立评价指标,这是因为 MPCU 代表着一个交叉口的交通水平,即交通流向、交通量及交通分配等;而冲突则代表着交叉口的安全水平,即交通设施、法规意识和交通控制等.采用上述两个相关指标参数的绝对值之比作为“交叉口安全”的分级指标具有较高的效度和信度水平.但是,道路交叉口交通量具有时变特性,小时交通量存在较大差异,同时交通冲突与交通量都是随机的,虽然具有一定的规律性,但并不是按等比例变化的,因此采用时均小时 TC/MPCU 之比不能对单个交叉口的安全状况进行准确评价.随后交通专家又提出将分时段的交通量和交通冲突数据作为安全评价的数据源,提出以分时段交通量和交通检测数据作为指标安全评价方法.然而,一天至少 8 h 的交通冲突调查,确立 8 个以上的评价指标,又显得繁琐了一些.为此,本着突出重点,统筹兼顾的原则,本文提出选取早高峰、晚高峰以及平峰时期三个时段的 TC/MPCU 值建立评价指标的思路,克服了多个时段交通量与冲突数据调查所带来的耗时耗力问题,同时也比以往采用时均(TC/MPCU)比值的评价法更客观更准确.

在评价道路交叉口安全水平时,有时不可能也没有必要在获得全部指标的统计信息后进行评价.针对交通安全信息不完全的特点,通过对少量已知信息的筛选、加工、延伸和扩展,运用灰色理论的“非唯一性原理”,运用灰色聚类方法^[5],将交叉口三个典型时段的交通量和交通冲突数据作为评价的动态数据源,把道路交叉口交通安全水平确定在某一灰色区域内,对其交通安全状况给予评价,以达到评价道路交通安全水平的目的.当判断的交叉口安全状况差时,应及时进行交通安全改善.

2.1 建立评价矩阵^[6]

令聚类评价对象个数为 j , 聚类评价指标为 i 其中 $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, $j \in \{1, 2, \dots, m\}$. 记 d_{ij} 为被评估的样本矩阵, 则

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix}$$

2.2 灰类及白化函数值的确定

采用概率统计方法确定评价标准,将评价指标的实际数据,经无量纲化处理,分析数据的累积百分频率,绘制累积百分频率曲线,在曲线上确定不同累积百分频率所对应的数值,作为灰类的白化值,如图 1 所示.可将交叉口的安全状况划分为特别安全(A)、安全(B)、临界安全(C)、不安全(D)四个灰类级别.选取 15%、85% 累积百分频率对应的点来确定 A 和 D 的值,选取 40% 和 60% 累积百分频率对应的点来确定 B 和 C 的值.四个累积百分频率点对应的 A_1 、 A_2 、 A_3 和 A_4 分别为指标的白化值.

2.3 建立灰类的白化权函数

令 $f_A(x)$ 、 $f_B(x)$ 、 $f_C(x)$ 、 $f_D(x)$ 为交通安全评价指标 A、B、C 和 D 级的白化权函数(如图 2 所示).

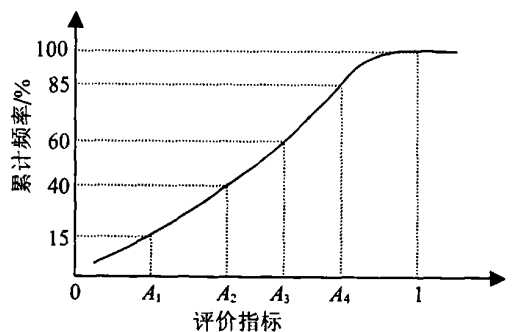


图 1 评价指标的累积频率曲线
Fig.1 Curve of accumulative frequency of evaluation index

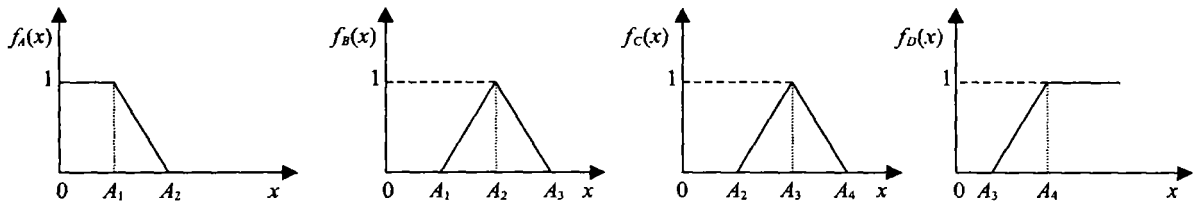


图2 交通安全评价灰类的白化权函数
Fig.2 Gray function of traffic safety evaluation

2 4 确定聚类权

记聚类权 η_{ik} , k 为评价灰类, 且 $k \in \{1, 2, \dots, \omega\}$, ω 为评价灰类种数.

$$\eta_{ik} = \frac{A_{ik}}{\sum_{i=1}^n A_{ik}} \tag{3}$$

式中: η_{ik} 为第 i 项指标归入 k 种灰类的聚类权; A_{ik} 为第 i 项指标属于第 k 种灰类的白化值.

2 5 灰色聚类分析

按下式求出第 j 个评价对象对于第 k 个灰类的聚类评估值 σ_{jk}

$$\sigma_{jk} = \sum_{i=1}^n f_{ik}(d_{ji}) \times \eta_{ik} \tag{4}$$

评价对象 j 的灰色聚集类评估序列 $\sigma_j = (\sigma_{j1}, \sigma_{j2}, \dots, \sigma_{jk})$, 评价对象所属灰类为 k^* , 满足 $\sigma_{jk}^* = \max\{\sigma_{j1}, \sigma_{j2}, \dots, \sigma_{jk}\}$, 从而确定聚类对象的安全状况. 本文的 k 取 4 安全状况为特别安全 ($k = 1$)、安全 ($k = 2$)、临界安全 ($k = 3$) 和不安全 ($k = 4$).

3 应用实例

根据上述思路, 设计出用于交通安全评价的城市交叉口灰色聚类评价软件.

建立基于交通冲突技术的交叉口安全状况灰色聚类评价过程:

1) 以道路交叉口为评价对象, 以分时段的 TC/MPCU 为评价指标. 为了综合考虑安全水平, 本文选取交叉口早高峰时段、晚高峰时段以及平峰时段的 TC/MPCU 作为三种评价指标, 对不同的交通安全指标 (TC/MPCU), 分析数据的累积百分频率, 分别绘制累积百分率曲线, 确定各灰类的白化值. 在此, 以昆明市 16 个交叉口三个时段的 TC/MPCU 值为例 (如表 1), 确定灰类白化值:

早高峰时段: $A_1 = 0.0055, A_2 = 0.0079, A_3 = 0.01015, A_4 = 0.0165$
 晚高峰时段: $A_1 = 0.00655, A_2 = 0.00933, A_3 = 0.0136, A_4 = 0.02197$
 平峰时段: $A_1 = 0.0041, A_2 = 0.0058, A_3 = 0.00708, A_4 = 0.0116$

表 1 昆明市 16 个交叉口三个时段的 TC/MPCU 值
Tab 1 TC/MPCU ratio of three period of time at 16 intersections in Kunming

交叉口	序号	早高峰时段	晚高峰时段	平峰时段
云纺口	1	0.0085	0.0131	0.0064
新迎口	2	0.0156	0.0213	0.0115
英茂口	3	0.0235	0.0311	0.0165
穿心口	4	0.0081	0.0091	0.0062
德胜口	5	0.0078	0.0083	0.0059
青年路	6	0.0075	0.0079	0.0054
小花园	7	0.0049	0.0054	0.0034
交三桥	8	0.0040	0.0053	0.0031
邮电口	9	0.0043	0.0049	0.0033
春城口	10	0.0104	0.0222	0.0079
冶金口	11	0.0099	0.0101	0.0072
金马口	12	0.0174	0.0217	0.0120
新闻口	13	0.0099	0.0136	0.0071
北站口	14	0.0056	0.0064	0.0039
北京口	15	0.0089	0.0099	0.0063
圆通山	16	0.0156	0.0185	0.0113

2) 昆明市的 16 个交叉口安全状况分为四类, 即第一类: 特别安全; 第二类: 安全; 第三类: 临界安全; 第四类: 不安全.

昆明市 16 个交叉口的安全状况评价结果如图 3 所示. 根据分析结果可知, 在小区域内, 交通状况处于

不安全的交叉口(即交叉口 2 3 10 12和 16)应进行交通安全的改善,运用灰色冲突理论,有助于在较短时间内,对交叉口的安全状况进行评价,并研究合理的安全改善措施,使交通管理工作有针对性,做到快速定量地评价改善措施的效果。

4 结论

相对于传统的交通安全评价方法,交通冲突技术是一种非事故统计的间接评价方法,具有快速、定量分析的优点.灰色理论具有能解决“部分信息已知,部分信息未知”问题的特点,且评价方法算法含义清晰、明确.将二者结合运用,有利于交叉口安全水平的快速诊断、分析和科学评价.尤其是在交叉口数目、评价指标很多的情况下,运用此评价方法,更具优势。

参考文献:

[1] 刘小明.平面交叉口交通冲突技术标准化研究 [J]. 公路交通科技, 1997, 14(3): 29~ 34
 [2] 张苏.中国交通冲突技术的研究 [D] [博士学位论文]. 西南交通大学, 1997.
 [4] Hoong- Chor Chin, Ser- Tong Quek. Measurement of Traffic conflict [J]. Safety Science 1997, 26(3): 169~ 185.
 [5] Traffic Conflict Techniques for Safety and Operation- Observers Manual. U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 1989.
 [6] 罗江涛,等.道路交通安全灰色评价方法研究 [J]. 中国公路学报, 1995, 18(4): 78~ 83.
 [7] 邓聚龙.灰色理论基础 [M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2002 124~ 162

(上接第 105 页)

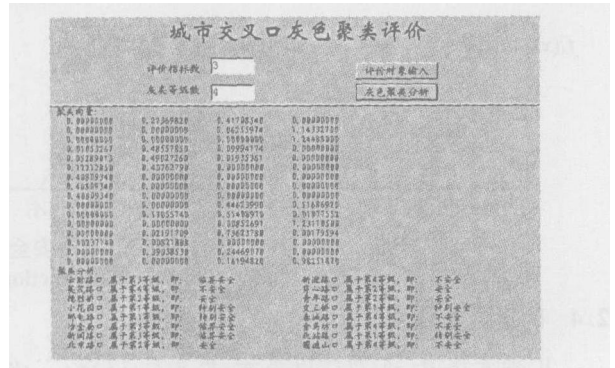
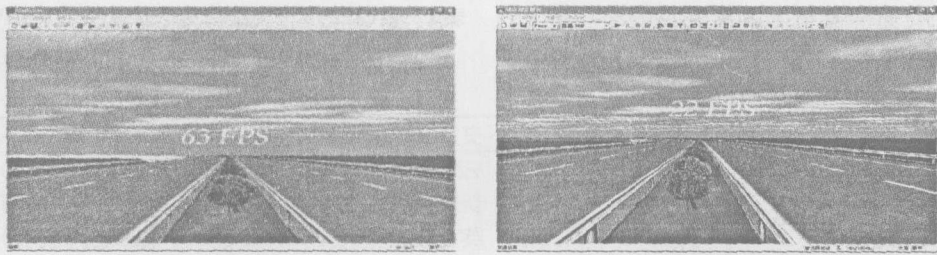


图3 交叉口交通冲突灰色评价结果
 Fig.3 Gray evaluation of traffic conflict at intersection



(a)使用数据库系统 (b)使用文件系统

图5 两个系统的性能图
 Fig.5 The efficiency of two systems

3 结语

本文设计了适合驾驶模拟器道路信息的数据库系统,该系统采用“工作流”的设计思想,利用数据分页动态加载和多线程技术,使数据以“流”的方式进行处理,改变了文本数据难以管理和维护的弊端,满足了用少量内存空间和计算量实现大规模道路景观实时生成的要求。

参考文献:

[1] DING W, HOFFMEYER F. The advanced daimler- benz driving simulator [J]. SAE. Paper 950175
 [2] 吉林工业大学汽车动态模拟国家重点实验室. 开发性驾驶模拟器介绍 [R]. 长春, 吉林工业大学, 1999.
 [3] 熊坚, 曾纪国, 丁立, 等. 面向道路交通过的汽车驾驶模拟器的研究及应用 [J]. 中国公路学报, 2002, 15(2): 117~ 119.
 [4] Amin Kaussner, Martin Grein, Hans- Peter Kruger, et al. An architecture for driving simulator databases with generic and dynamically changing road networks [J]. DSC2001 - Sophia Antipolis - September 2001. 2~ 9.
 [5] 钟正, 朱庆. 一种基于海量数据库的 DEM 动态可视化方法 [J]. 海洋测绘, 2003, 23(2): 9~ 12