

道路交通事故危险点鉴别的研究

应成亮¹, 李江¹, 成卫², 李轲³

(1. 吉林大学 交通学院, 吉林 长春 130025; 2 昆明理工大学 交通工程学院, 云南 昆明 650224;
3. 解放军军事交通学院, 天津 300161)

摘要: 对道路交通事故危险点的鉴别方法进行了综述, 通过对比分析各种研究方法, 提出了鉴别城市道路交通事故危险点的模糊评价法, 并且对数学模型的描述、评价指标的选择以及隶属函数的确定这三个主要问题进行了研究. 最后, 利用模糊综合评价法对昆明市的 9 个交叉口的交通事故发生点进行了鉴别, 其评价结果与公安交通管理部门提供的事故危险点鉴别结果一致, 证明了该方法的有效性.

关键词: 道路交通事故; 事故多发点; 模糊综合评价

中图分类号: U491 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 855X (2006) 01 - 0093 - 05

Study on Discrimination of Traffic Accident Black Spot

YNG Cheng-liang¹, LI J iang¹, CHEN G W e i², LI K e³

(1. College of Transportation, Jilin University, Changchun 130025, China;
2 Faculty of transportation Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China;
3 Military Transportation Institute, Tianjin 300161, China)

Abstract: A summary is made of discriminating methods of black spots. Fuzzy evaluation is put forward by contrasting all kinds of the methods, and a study is made on the three main problems, such as the description of math model, choice of evaluation index and confirmation of subjection function. At last, 9 crosses of Kunming City are discriminated with fuzzy evaluation method, whose results are consistent with those provided by the public security and transportation administrative departments. The method is proven effective.

Key words: road traffic accident; black spot; fuzzy evaluation

0 引言

道路交通事故危险点就是通常所说的事故多发点, 也称之为“黑点”。关于“黑点”的定义各国有所不同. 相当一部分国家对其的定义是: 在一定长度或一定面积的路段上, 单位时间里发生的事故数超过规定限值的地点称为事故危险点. 改善城市道路交通安全状况的关键一步, 是对交通事故危险点的鉴别, 确定急需改善的路段或交叉口的位置, 从而分出轻重缓急, 制定科学的整治方案, 有效提高道路交通安全水平.

1 道路交通事故危险点鉴别方法综述

交通事故危险点的鉴别标准, 是一个相对的概念, 而不是绝对的、一成不变的. 在一定程度上, 事故危险点的鉴别就是交通安全评价的范畴, 只是在实施鉴别时, 人们更侧重于找出道路不安全状态的阈值, 当所采用的指标超过这一阈值时, 则认为是事故危险点. 建立不同道路事故危险点的鉴别标准, 有利于按照一定时期、一定范围内的事故次数筛选出若干鉴别对象, 确定整治范围. 交通事故危险点的鉴别方法在国内外有很多不同的见解, 但常用的方法如图 1 所示.

收稿日期: 2005 - 05 - 08

第一作者简介: 应成亮 (1963 ~), 男, 博士研究生. 主要研究方向: 交通安全. E - mail: ycliang_592421@163.com

各种事故危险点鉴别方法各有侧重点和优势,应用时各有条件要求.例如事故数法的优点是比较简便直观,数据来源于事故统计数据,但由于各类道路的交通特性、交通量差异很大,造成事故数以及其平均数相差悬殊,其“正常值”指标的界定有一定难度;事故率法考虑了交通量资料,相对比较科学,数据来源是事故数据和交通数据.但该方法也可能导致将非危险路段当作危险路段或漏掉了危险路段的情况出现.事故数—事故率法综合考虑了上述两种方法,对每一研究的道路单元进行事故数和事故率计算,通过图示的方法确定两者分布,可以借助计算机快速搜索事故危险点,可操作性强.优点在于矩阵的大小可以根据使用者的需求来确定;缺点是只表示了路段的危险程度,而不能对低事故次数、高事故率的路段或高事故次数、低事故率的路段做出本质的区别,只是简单地将其看成是非事故危险点,同时也没有考虑临界值与严重程度的决定性的作用.预测法都需要大量的历史数据进行回归,质量控制法虽然不是直接回归所得,但其中相似路段的事故平均值也要大量统计资料支持.

综上所述,鉴于各种方法的适用程度不同,因此有必要建立其它新方法.为此,提出了基于模糊综合评价的危险点鉴别模型.

3 基于模糊综合评价的危险点鉴别

在现实生活中,同一事物或现象往往具有多种属性,因此在对事物进行评价时,就要兼顾各个方面,这就是所谓的综合评判问题.模糊综合评判作为模糊数学的一种具体应用方法,目前已得到广泛应用.其优点是:数学模型简单,容易掌握,对多因素、多层次的复杂问题评判效果比较好.

在鉴别道路交通事故危险点的过程中,当被鉴别路段或交叉口的道路条件、交通条件相差较大时,运用传统的鉴别方法难于保证精度.针对交通安全概念的模糊性,评价者思维方式的多样性以及评价结果常常难以用口语表达的特点,建立模糊评价模型势在必行.

在对道路交通事故危险点进行鉴别时,通常是多个客体的横向比较,为此,数学模型的建立就是应用模糊变换原理和最大隶属度原则,考虑与被评价事物相关的各个因素,对其作出综合评价,最后在多个客体中找出安全性差的点作为事故危险点.

3.1 数学模型描述

已知一个有限集合 Q

$$Q = \{ q_1, q_2, \dots, q_n \} \tag{1}$$

Q 中的元素 $q_i (i=1, 2, \dots, n)$ 表示不同的被评价对象,例如不同的路段或交叉口.

已知一个有限集合 K

$$K = \{ k_1, k_2, \dots, k_m \} \tag{2}$$

K 中的元素 $k_j (j=1, 2, \dots, m)$ 表示不同的评价指标.

令 u_j 为第 j 个评价指标 k_j 的隶属函数,即

$$u_j = \mu(k_j) \quad u_j \in [0, 1]$$

则 U 为一个有限模糊子集,即

$$U = \{ u_1, u_2, \dots, u_m \} \tag{3}$$

要寻求一个模糊集合 B

$$B = \{ b_1, b_2, \dots, b_n \} \quad b_i \in [0, 1] \tag{4}$$

B 中的元素 b_i 表示第 i 个被评价对象的综合评价指数.

由于隶属函数 u_j 适用于所有的评价对象 q_i , 则可得到一个评价关系矩阵 R , 即

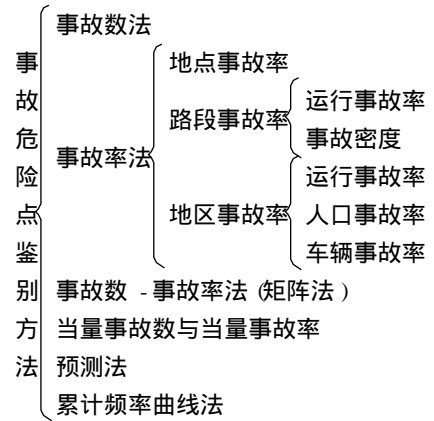


图 1 事故危险点鉴别方法

Fig 1 Identification method of traffic black spot

$$R = \begin{matrix} Q \times U \rightarrow [0, 1] \\ \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \dots \\ R_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

其中 $r_{ji} = R(u_j, q_i) \in [0, 1]$, 表示第 j 个评价指标适用于第 i 个被评价对象的隶属度.

又定义 $S = (Q, U, R)$ 为第一级评价空间, 并给定一个模糊向量 A

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_m) \quad (6)$$

元素 a_j 表示各评价指标关于第一级评价的相对重要程度系数.

于是, 当模糊向量和模糊关系矩阵已知时, 作模糊变换来进行综合评判.

$$B = A \circ R = (b_1, b_2, \dots, b_n) \quad (7)$$

B 中的各元素 b_i 是在广义模糊合成运算下得到的运算结果, 其计算式为:

$$b_i = (a_1 \dot{*} r_{1i}) \dot{+} (a_2 \dot{*} r_{2i}) \dot{+} \dots \dot{+} (a_m \dot{*} r_{mi}) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

简记为模型 $M(\dot{*}, \dot{+})$. 其中 $\dot{*}$ 为广义模糊“与”运算, $\dot{+}$ 为广义模糊“或”运算.

就理论上而言, 上述的广义模糊合成运算有无穷多种, 但在本评判方法中, 考虑各评价指标在评判中的地位无显著差异, 为使模型简化, 具体采用以下三种:

模型 1 $M(\dot{\cup}, \dot{\cap})$, 即用 $\dot{\cup}$ 代替 $\dot{*}$, $\dot{\cap}$ 代替 $\dot{+}$, 有 $b_i = \bigcap_{j=1}^m (a_j \dot{\cup} r_{ji}) \quad j=1, 2, \dots, m$, 即综合评判结果

$$B = (b_1, b_2, \dots, b_n) = \left(\bigcap_{j=1}^m (a_j \dot{\cup} r_{j1}), \bigcap_{j=1}^m (a_j \dot{\cup} r_{j2}), \dots, \bigcap_{j=1}^m (a_j \dot{\cup} r_{jn}) \right) \quad (9)$$

取 $a_1 = a_2 = \dots = a_m = 1.0$

模型 2 $M(\dot{\cup}, \dot{\cap})$, 即 $b_i = \bigcup_{j=1}^m r_{ji}^a$, 即评判结果

$$B = (b_1, b_2, \dots, b_n) = \left(\bigcup_{j=1}^m r_{j1}^a, \bigcup_{j=1}^m r_{j2}^a, \dots, \bigcup_{j=1}^m r_{jn}^a \right) \quad (10)$$

取 $a_1 = a_2 = \dots = a_m = 1.0$

模型 3 $M(\dot{\cup}, \dot{+})$, 即 $b_i = \bigcup_{j=1}^m a_j r_{ji}$, 即综合评判结果

$$B = (b_1, b_2, \dots, b_n) = \left(\bigcup_{j=1}^m a_j r_{j1}, \bigcup_{j=1}^m a_j r_{j2}, \dots, \bigcup_{j=1}^m a_j r_{jn} \right) \quad (11)$$

取 $a_1 = a_2 = \dots = a_m = \frac{1}{m}$, 则得到三种简化综合评判模型.

$$B_1 = \left(\bigcap_{j=1}^m r_{j1}, \bigcap_{j=1}^m r_{j2}, \dots, \bigcap_{j=1}^m r_{jn} \right) \quad (12)$$

$$B_2 = \left(\bigcup_{j=1}^m r_{j1}, \bigcup_{j=1}^m r_{j2}, \dots, \bigcup_{j=1}^m r_{jn} \right) \quad (13)$$

$$B_3 = \left(\frac{1}{m} \bigcup_{j=1}^m r_{j1}, \frac{1}{m} \bigcup_{j=1}^m r_{j2}, \dots, \frac{1}{m} \bigcup_{j=1}^m r_{jn} \right) \quad (14)$$

在采用上述模型作评判时, 相当于对各对象的特性指标分别取最大值、最小值和平均值作为评价指标. 在实际应用中, 如果仅仅取最大值、最小值或平均值之一作为评价指标, 可能有片面性. 因此, 可综合使用 B_1, B_2, B_3 这三个指标, 建立二级评判空间.

设评判指标集为:

$$U_1 = \{B_1, B_2, B_3\} \quad (15)$$

U_1 的各指标 $B_j (j=1, 2, 3)$ 的权重分配为

$$A_1 = (a_1, a_2, a_3) \quad (16)$$

上式中 $a_j \geq 0$, 且 $\sum_{j=1}^3 a_j = 1$.

则评判指标集 U_1 的总评判矩阵为:

$$R_1 = \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \frac{1}{m} & \frac{1}{m} & \cdots & \frac{1}{m} \end{pmatrix} \quad (17)$$

则得出总的(二级)综合指标评判结果

$$A_1 \otimes R_1 = B = (b_1, b_2, \dots, b_n) \quad (18)$$

式中左端是普通矩阵乘法,称 $b_i (i=1, 2, \dots, n)$ 为二级评判指标,其中最大的 b_i 值所对应的就是被评判的最佳对象的综合评价指数.

另外,在上述二阶综合指标评价中,指标是从最突出的长处考虑问题,指标 B_2 是从最突出的短处考虑问题,指标 B_3 是从平均的角度考虑问题,最后又从综合的角度考虑上述三方面的情况,使得评判结果更加合理,其实际上是提高了极值在评判中的作用和地位.

3.2 评价指标的选择

3.2.1 指标选择原则

正确选择评价指标是决定评价模型成败的关键,为保证评价模型的普遍有效性,提出如下筛选评价指标的原则:

1)可比性:是指所选择的指标在各评价对象中有统一的定义和计量标准,这样才能保证比较评价在同一基础上进行.

2)代表性:是指选择有代表性的参照指标(如交通量、路段长度等)来构造指标的相对值.

3)可测性:是指所选择的指标必须是可以得到的、可以统计的或可以计算的,否则指标再好也不应引入到评价模型中.

3.2.2 指标选择结果

目前,在进行交通安全水平评价时,普遍采用事故次数、死亡人数、受伤人数和经济损失等四项统计指标.

由于在记录道路交通事故情况时,关于经济损失一项只能记录直接经济损失,一般没有将更大的间接经济损失计算在内,因此缺乏可比性,在构造评价模型时应予以排除.而在记录道路交通事故时,对事故次数、死亡人数及受伤人数一般都有详细的记载,因此可以作为评价模型的指标.但是,由于各路段及交叉口间的诸多差异,直接采用三个指标的绝对值进行聚类比较显然是不合理的,应当采用相对值.这就需要将对事故次数、死亡人数及受伤人数与参照指标联系起来.一般说来,路段可以采用路段长度与道路交通量、交叉口可以采用进口道总交通量作为参照指标来构造事故次数、死亡人数及受伤人数的相对指标值.

对地区进行安全评价时,可以选择 10 万人口死亡率、万车死亡率、千公里死亡率和事故严重指数组成评价集合,即 $\{k_1, k_2, k_3, k_4\}$;对路段进行安全评价时,可以选择万车死亡率、千公里死亡率、事故严重指数和万车当量总事故率组成评价集合,即 $\{k_2, k_3, k_4, k_5\}$;对交叉口进行安全评价时,可以选择万车死亡率、事故严重指数和万车当量总事故率组成评价集合,即 $\{k_2, k_4, k_5\}$.

从所选的评价指标集合看,本文提出的模糊综合评判法克服了指标过于单一、考虑不够全面的缺点,同时又考虑了安全评价的模糊特性,不需要经常更换临界值,在实际应用中更为方便.

3.3 隶属函数的确定

隶属函数的作用不仅是将各指标转换为无量纲量,而且其取值本身也反映了交通安全水平的高低.为确定隶属函数需作如下基本假设:

1)函数形式

评价指标 k_j 的隶属函数具有如下性质:

$$u_j \in [0, 1]$$

隶属函数取降半柯西分布,即

$$u_j = \mu(k_j) = \begin{cases} 1 & k_j \leq k_{j1} \\ \frac{1}{1 + (k_j - k_{j1})} & k_j > k_{j1} \end{cases} \quad \forall j, k_j > 0 \quad (19)$$

2) 抉择评语

每一评价指标可视为一个语言变量,其取值为一个有限集合 V:

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\} = \{\text{优, 良, 中, 差}\}$$

当 $v_i = v_4$ 时,可认为此处为事故危险点.

3) 分布区间

集合 V 中的每一元素对应于隶属函数的可能性分布区间:

当 $v_i = v_4$ 时, $\mu_j \in [0.00, 0.50]$; 当 $v_i = v_3$ 时, $\mu_j \in [0.50, 0.65]$; 当 $v_i = v_2$ 时, $\mu_j \in [0.65, 0.85]$; 当 $v_i = v_1$ 时, $\mu_j \in [0.85, 1.00]$. 因此,在 $k_j - \mu_j$ 坐标中,存在一组临界值 $k_{jl} (l=1, 2, 3, 4)$, 即

$$\mu(k_{j1}) = 1.00, \mu(k_{j2}) = 0.85, \mu(k_{j3}) = 0.65, \mu(k_{j4}) = 0.5$$

这样,通过相关调查,采用模糊统计方法,可以得到各指标值的 k_{jl} , 然后采用回归分析方法即可求出隶属函数的待定参数.

4 应用实例

采用上述模糊综合评判法对昆明市的 9 个交叉口的交通事故发生点进行了鉴别.

通过调查,利用模糊统计和回归分析法,计算出隶属函数的参数值,如表 1 所示.

表 1 隶属函数的参数值

Tab 1 Parameter value of subjection function			
μ_j			
μ_2	0.345	0.002	1.425
μ_4	0.227	0.19	1.23
μ_3	0.112	0.028	0.964

应用前面提出的评判方法对交叉口的交通安全进行评价,计算出交叉口的综合评价值,排序见 2 表. 从表中可以得出,排列的 9 个交叉口中,综合评价值小于 0.5 的即是昆明市交叉口的事故危险点,即交叉口 9 为事故危险点.

其评价结果与公安交通管理部门提供的事故危险点鉴别结果一致,说明该方法有效.

表 2 昆明市 9 个交叉口的综合评价值

Tab 2 Synthesizing assessing value of safety at 9 inter-section in Kunming

交叉口号	9	1	8	4	6	5	7	2	3
评价指标	0.483	0.511	0.531	0.534	0.559	0.706	0.707	0.723	0.728

参考文献:

[1] 方守恩. 公路交通事故多发位置鉴别新方法 [J]. 交通运输工程学报, 2001, 1(1): 90 ~ 94
 [2] 赵新才. 交通事故多发点整治原则、方法与策略 [J]. 公安大学学报 (自然科学报), 2002, 32(6): 54 ~ 57.
 [3] 刘志官, 等. 道路交通事故多发点鉴别 [J]. 交通运输工程学报, 2003, 3(2): 120 ~ 123.
 [4] 韩立岩, 汪培庄. 应用模糊数学 [J]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 1989, 8: 137 ~ 154.
 [5] 刘运通. 道路交通安全宏观模糊评价模型 [J]. 中国公路学报, 1995, 8(1): 169 ~ 175.