

文章编号: 1002-0268 (2008) 03-0124-06

事故多发点鉴别本质及基于 BP 神经网络的鉴别方法研究

孟祥海, 盛洪飞, 陈天恩

(哈尔滨工业大学 交通科学与工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 首先对常规事故多发点鉴别方法进行了分析和评述, 并通过实例揭示了多发点的鉴别本质。在此基础上, 建立了基于三层 BP 神经网络的城市干道路段事故多发点鉴别模型。该模型考虑了交通事故 7 个方面的影响因素, 并能将常规鉴别方法不易识别出的多发点鉴别出来。其次, 应用哈尔滨市市区 430 个干道路段上 1999 年至 2004 年发生的 13764 起交通事故数据及关联因素数据, 对神经网络的权值和偏置值进行了标定, 并应用该模型进行了事故多发路段鉴别。最后, 分别应用了事故次数概率分布法、矩阵法和质量控制法对 430 个路段进行了多发点鉴别, 并对鉴别结果进行了对比分析。

关键词: 交通工程; 事故多发点鉴别; BP 神经网络; 城市干道路段

中图分类号: U491

文献标识码: A

Essence and an Approach to Identify the Hazardous Locations of Urban Arterial Link Based on BP Artificial Neural Network

MENG Xiang-hai, SHENG Hong-fei, CHEN Tian-en

(School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin Heilongjiang 150090, China)

Abstract: The advantages and limitations of each kind of generalize methodologies to identify the hazardous locations were analyzed and evaluated, and the essence to identify the hazardous locations was discussed in detail through the analysis of a practical instance. Furthermore, a model to identify the hazardous locations of urban arterial link based on BP artificial neural network was established. The model involves in seven factors affecting the accidents greatly, and it can identify the prone sections that cannot be identified by other generalize models. Lastly, the weights and biases of the BP network were demarcated according to the data of 13764 accidents occurred on 430 arterial links from 1999 to 2004 and the data of exposures. Hazardous locations among the 430 links were identified by probability method of accident frequency, matrix method, quality control method as well as the BP network method just established, and the comparison between the results of different method was performed.

Key words: traffic engineering; hazardous location identification; BP neural network; urban arterial link

1 文献综述

早期的事故多发点鉴别方法主要有事故次数法、事故率法、事故次数与事故率综合法。1956 年质量控制法被提出并得到广泛应用。事故次数符合泊松分布是质量控制法的概率基础。然而, 近年来有些学者

通过研究发现, 在有些情况下负二项分布、贝叶斯分布更符合实际情况。文献 [1] 提出了基于负二项分布的质量控制法; 文献 [2~4] 提出了基于贝叶斯的质量控制法; 文献 [5, 6] 进一步对多发点排序问题进行了专门研究; 文献 [7] 提出了基于事故次数和事故损失的多发点鉴别方法; 文献 [8] 提出了事故

收稿日期: 2006-12-30

作者简介: 孟祥海 (1969-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 副教授, 博士, 研究方向为交通运输规划与管理. (mengxianghai100@126.com)

多发区的鉴别方法。随着地理信息系统 (GIS)、卫星全球定位系统 (GPS) 等技术的发展, 这些技术也被应用到了事故多发点的鉴别工作中^[9]。

近年来, 我国也广泛开展了这方面的研究工作。文献 [10] 系统地总结了事故多发点鉴别方法, 分析了各种方法的优缺点及适用条件; 文献 [11] 详细对比分析了各种事故多发点鉴别方法, 并在此基础上提出了项目级、路网级的事故多发位置鉴别方法; 文献 [12~ 14] 也开展了相关的研究工作, 提出了应用贝叶斯概率模型进行多发路段鉴别的方法, 建议采用综合事故率作为评价指标; 文献 [15, 16] 分别提出了双变量区间过滤法和模糊评价法进行事故多发点的鉴别。

2 事故多发点鉴别方法对比分析

事故多发点的鉴别方法主要有事故次数法、事故次数概率分布法、事故率法、事故次数与事故率综合法、质量控制法、经验模型法、回归分析法、灰色评价法及交通冲突法等。

(1) 事故次数法: 对拟开展鉴别工作的评价点集合, 首先选取一个临界的事 故次数作为鉴别标准, 若某一评价点的事 故次数大于规定的临界值, 则该点即为事故多发点。

(2) 事故次数概率分布法: 该方法假定事故次数符合泊松, 然后依据一定的置信水平确定临界事故次数上限值。当某一评价点的事 故次数大于临界上限值时, 则该点即为事故多发点。

(3) 事故率法: 按照事故率大小对评价点进行排序并确定出可接受的临界事故率值, 最后按照临界事故率值进行安全鉴别。

(4) 事故次数与事故率综合法: 也称矩阵法。首先对每一个评价点根据事故次数和事故率给出其在矩阵中的位置, 然后确定出可接受的事故次数临界值和事故率临界值, 只有当某一评价点的事 故次数和事故率均大于相应的临界值时, 该点才被判定为事故多发点。

(5) 质量控制法: 是将特定地点的事故率与所有相似特征点的平均事故率作比较, 并根据显著性水平建立评价危险点的事 故率上限值。

(6) 经验模型法: 主要有 T. 拉波波尔特模型法和 E. M. 洛巴诺夫模型法两种, 均用来鉴别事故多发平面交叉口。经验模型通常是在收集了典型交叉口大量统计数据基础上, 运用统计学理论建立数学模型, 并提出指标的评价等级划分。

(7) 回归分析法: 又可分为线性回归分析法和非线性回归分析法 (以 McDonald 模型为代表) 两类, 基本原理是建立事故指标与交通安全影响因素的一元或多元回归预测模型, 然后预测出以后各年的事故数并据此鉴别评价点。一元回归方法适用于研究某单一因素对评价点的安全影响程度, 多元回归分析法适用于研究多种因素对评价点的交通安全影响。

(8) 灰色评价法: 应用灰色理论的聚类分析方法, 即确定评价点隶属于危险地点的程度, 并根据最大隶属度等进行最终的安全状况评定。

(9) 交通冲突法: 属非事故统计的间接评价法, 是通过对交通系统中各因素相互关系的分析, 从影响因素出发而建立的安全评价方法。

经过上述分析, 得出了各种方法的优缺点及适用条件, 汇总结果如表 1 所示。

表 1 事故多发点鉴别方法对比分析表

Tab 1 Advantages and limitations of current methodologies to identify the hazardous locations

评价方法	基本原理	优点	存在的问题	适用条件
事故次数法	按事故次数进行鉴别和排序	简单、方便、快速	粗糙的鉴别方法	较小的交叉口或街道
事故次数概率分布法	基于概率论原理确定事故次数的临界区间, 并据此进行鉴别	方便、较快速、考虑了随机波动影响	较粗糙的鉴别方法	小规模的鉴别工作
事故率法	按事故率大小进行鉴别和排序	较快速、考虑了关联因素影响	没有考虑随机波动影响	小规模的鉴别工作
矩阵法	按事故次数和事故率进行综合排序和鉴别	评价结果较准确, 评价点数确定具有一定灵活性	判定标准的确定具有一定的主观性, 尚不能处理随机波动问题	中等规模的交通安全鉴别工作
质量控制法	以事故率为评价指标的基于统计假设的理论分析方法	能够解决随机波动问题, 客观、公正性较高	工作量较大, 对大规模的道路交通系统, 考虑的因素还不够全面	中等及较大规模的交通安全鉴别工作
经验模型法	基于统计分析的数学模型法	简明、直观、实用	收集资料困难, 可移植性差	交叉口的微观评价
回归分析法	基于事故预测的安全鉴别方法	考虑因素多, 评价结果较客观	收集资料困难, 可移植性较差	区域范围的安全鉴别
灰色评价法	基于灰色理论的安全鉴别方法	含义明确, 实际应用效果较好	具有一定的主观性	区域的安全鉴别工作
交通冲突法	基于微观交通流分析的非事故统计安全评价方法	不依赖于事故统计数据, 评价期较短	冲突调查工作量较大, 可移植性较差	目前还处于理论完善和实际应用研究阶段

3 对事故多发点鉴别本质的进一步认识

虽然各种鉴别方法都针对某一或某几个评价指标给出了一套评判方法,但在有些情况下,用不同方法

得出的结论却相差很大。本文筛选出了哈尔滨市市区干道上 11 个路段的事故指标进行分析研究,有关数据见表 2。

表 2 哈尔滨市市区部分干道路段事故及统计分析表

Tab 2 Statistic analysis on accident data occurred on part of links of Harbin urban arterial network

编号	路段编号	事故次数 /次	事故率 /[次·(亿车 km) ⁻¹]	平均事故 次数/次	事故次数 标准差[次·(亿车 km) ⁻¹]	平均事故率/ 标准差	事故率 标准差	事故次数与 平均事故次 数的差值	事故次数与 平均次数差 值程度	事故率与平 均事故率 的差值	事故率与平 均事故率差 值程度
1	29	25	94.34	29.14	33.28	123.34	120.94	-4.14	-0.12	-29	-0.24
2	284	25	36.99	21.18	18.53	62.11	55.76	3.82	0.21	-25.12	-0.45
3	110	25	186.94	29.14	33.28	123.34	120.94	-4.14	-0.12	63.6	0.53
4	328	23	199.26	23.24	16.15	100.34	87.08	-0.24	-0.01	98.92	1.14
5	73	21	208.13	6.38	5.76	96.17	88.94	14.62	2.54	111.96	1.26
6	165	20	53.56	27.47	15.04	70.57	43.75	-7.47	-0.50	-17.01	-0.39
7	83	16	120.12	11.57	6.19	75.21	46.38	4.43	0.72	44.91	0.97
8	384	15	212.63	6.38	5.76	96.17	88.94	8.62	1.50	116.46	1.31
9	102	6	306.51	6.38	5.76	96.17	88.94	-0.38	-0.07	210.34	2.36
10	269	3	230.53	6.38	5.76	96.17	88.94	-3.38	-0.59	134.36	1.51
11	25	2	244.56	6.38	5.76	96.17	88.94	-4.38	-0.76	148.39	1.67

表中第 3 列给出了 11 个路段的累计事故次数值,并按事故次数的多少进行了排序。若按照事故次数法来鉴别事故多发点,并假定临界事故次数为 22 次,则编号为 1、2、3 和 4 号的路段应为事故多发点。一般情况下,交通量较大的路段事故次数也较多。如果上述 11 个路段的年平均日交通量相差不大,则完全有理由认为 1、2、3 号和 4 号路段即为事故多发路段。但,显然这 11 个路段的交通量相差悬殊。

表中第 4 列给出了 11 个路段的事故率指标。如果按照事故率法来鉴别事故多发点并假定临界事故率为 200 次/亿车 km,则编号为 5、8、9、10 号和 11 号的路段应为事故多发路段。显然,由事故率法得出的多发点没有一个与事故次数法重合。另外,将 10 号和 11 号路段作为多发路段是值得怀疑的,毕竟上述两个路段上的累计事故次数仅仅为 3 次和 2 次。这两个路段出现较高事故率的原因是,路段承担的交通量较小。

综合考虑事故次数和事故率两项指标(表中第 3 和第 4 列),并假定多发路段应同时具备事故次数不少于 20 次、事故率不小于 150 次/亿车 km 两个条件,则 3、4 和 5 号路段应为多发路段,这就是矩阵法。

矩阵法的鉴别结果是否一定可靠?表中第 5 列和第 7 列列出了与上述 11 个路段分别具有相似交通量和几何线形条件的一批路段事故次数和事故率的平均值。如 1 号路段属一块板的主干道,共有 89 个相似路段,这些相似路段的平均事故次数和平均事故率分别为 29.14 次和 123.34 次/亿车 km。显然,矩阵法中将 3 号和 4 号路段作为多发路段也是值得怀疑的。因

为,3 号和 4 号路段的事故次数均不大于相似路段的平均值。

如果分别取平均事故次数加上 1.5 倍的事故次数标准差(第 6 列)和平均事故率加上 1.5 倍的事故率标准差(第 8 列)作为临界事故次数上限(事故次数概率分布法)和临界事故率上限(质量控制法),则事故次数概率分布法鉴别出的多发路段为 5 号和 8 号,质量控制法鉴别出的多发路段为 9、10 号和 11 号。显然,事故次数概率分布法与质量控制法得出的结论也不一致,若与前面几种方法对比,也存在较大不同。

第 9 列列出了各个评价点事故次数与相似路段平均事故次数的差值,第 11 列列出了事故率与相似路段平均事故率的差值。根据事故次数的差值,则 2、5、7 号和 8 号路段值得考虑;根据事故率的差值,则 3、4、5、7、8、9、10 号和 11 号路段值得去进一步判断。另外,还可进一步分析差值的变化率,见表中第 10 和第 12 列。

为了进一步说明这一问题,本文分别应用事故次数概率分布法、矩阵法及质量控制法对哈尔滨市市区主次干道路网上的 430 个路段进行了交通安全状况鉴别,各种方法鉴别出的事故多发点结果见表 3(由于篇幅所限,此处略去了正常路段和安全路段的鉴别结果)。其中,事故次数概率分布法和质量控制法中的临界指标值是按 95% 置信水平计算出来的,而矩阵法则按照总体样本量的 5% 来控制事故多发路段个数。

由表 3 示出的结果可知,事故次数概率分布法、矩阵法和质量控制法分别鉴别出了 22、25 和 27 个事

故多发路段。其中, 同时被 3 种方法认定为多发点的路段只有 13 个, 约占事故多发点总数的 48%~ 59% (分别以 27 和 22 作为事故多发点总数), 由此可以看出 3 种方法的鉴别结果中只有 54% 左右是一致的。若将 3 种方法中任意一种方法鉴别出的多发点均作为事故多发点, 则共有 35 个, 此时 3 种方法鉴别结果中只有 37% 是一致的。

经过上述分析过程, 可概括出以下几点: ^① 不同的鉴别方法由于采用了不同的鉴别指标, 得出的评价结果是不完全一致的, 对有些评价地点会出现相互矛盾的情况。^④目前的各种鉴别方法都有其明显的不足之处。^④如何客观、公正的鉴别出事故多发点仍是一项需要进一步研究和探索的问题。

表 3 事故多发点鉴别结果对比分析表

Tab 3 Comparison between the results of three basic approaches to identify the hazardous locations

序号	路段编号	事故次数概率分布法	矩阵法	质量控制法
1	33	✓	✓	✓
2	68	✓	✓	✓
3	76	✓	✓	✓
4	79	✓	✓	✓
5	99	✓	✓	✓
6	100	✓	✓	✓
7	109	✓	✓	✓
8	121	✓	✓	✓
9	124	✓	✓	✓
10	240	✓	✓	✓
11	341	✓	✓	✓
12	387	✓	✓	✓
13	420	✓	✓	✓
14	35	※	✓	✓
15	394	✓	※	✓
16	80	✓	✓	※
17	89	✓	✓	※
18	92	✓	✓	※
19	238	✓	✓	※
20	244	✓	✓	※
21	345	✓	✓	※
22	96	✓	※	✓
23	115	✓	※	※
24	95	※	✓	✓
25	363	※	✓	✓
26	421	※	✓	✓
27	422	※	✓	✓
28	242	※	✓	※
29	98	※	※	✓
30	101	※	※	✓
31	120	※	※	✓
32	164	※	※	✓
33	365	※	※	✓
34	367	※	※	✓
35	378	※	※	✓

注: “✓” 表示鉴别结果为事故多发点, “※” 代表鉴别结果为非事故多发点。

4 基于神经网络的事事故多发点鉴别方法

4.1 问题的提出

从本质上看, 事故多发点的鉴别问题可归纳为一个模式识别问题。另外, 当考虑的鉴别指标较多时, 鉴别方法很难用一个具有明确形式的函数或一个能明确写出目标函数和约束条件的优化问题来解决。显然, 处理上述两个问题正是神经网络技术的特长之一。故本文建立了基于 3 层 BP 神经网络的路段事故多发点鉴别模型。

4.2 神经网络模型的选择

由矩阵法鉴别过程可知, 当把鉴别结果确定为事故多发路段、正常路段和安全路段 3 个级别时, 评价点样本是一个非线性样本。显然, 单层感知机无法解决这一分类问题。若采用含有一个隐层的两层感知机, 则第 1 层将样本空间划分成两部分, 即将安全路段与正常路段、多发路段区分开来。第 2 层则将多发路段与正常路段和安全路段区分开来。最后, 将样本空间划分出 3 个部分。两层感知机的模式识别结果与矩阵法颇为相似, 只不过两层感知机的分界线是由算法实现的, 而矩阵法的分界线是人为确定的。

尽管如此, 两层感知机还是存在一些问题的。这些问题主要还是由多发点鉴别本质决定的, 即矩阵法中正常路段内还可能存在事故多发路段或安全路段 (安全区域和事故多发区域也存在类似问题), 而两层感知机无法处理这样的模式识别问题。此时, 还需要引入含有两个隐层的 3 层网络。3 层神经网络可形成任意复杂程度的决策区域, 例如可将落入矩阵法中正常路段区域内的隐藏较深的事事故多发路段识别出来。

4.3 基于 3 层 BP 网络的城市干道路段事故多发点鉴别模型

根据不同安全状况可将路网中的道路路段划分为危险路段、正常路段和安全路段 3 种类型。显然, 交通事故的发生是与特定路段的道路交通条件密切相关的, 这些条件包括: ^① 路段交通量 (采用年平均日交通量, AADT); ^④道路等级; ^④设计速度; ^¼横断面形式; ^½车道数; ^¾路面宽度; ^⑧路段上出入口数量 (支路或街坊道路与路段相交的较小路口)。

模型的输入变量就是上述 7 个事故关联因素, 模型的输出就是前述的 3 种路段类型。最终确定的 3 层 BP 神经网络结构如图 1 所示。根据输入及输出数据的特点, 确定输入层到输出层 3 个传输函数分别取 logsgmoid 函数、pureline 函数和 satlin 函数。

学习算法采用改进的 BP 算法, 即采用启发式学

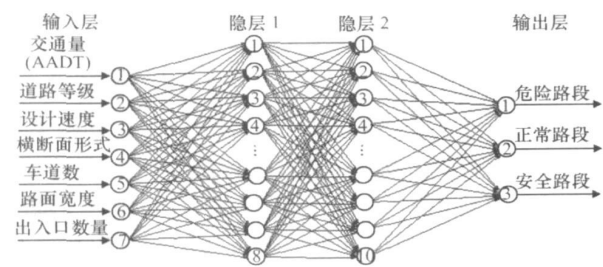


图 1 3 层 BP 网络结构

Fig 1 Designed three-layer BP network structure

习算法中的弹性学习算法。将前述事故次数概率分布法、矩阵法和质量控制法鉴别结果一致的评价点做为样本，共计 272 个，将其中一半用于网络训练（137 个样本），另一半用于网络测试（135 个样本）。

本文应用了 MATLAB6.X 神经网络工具箱进行网络分析和设计。将训练样本对输入到网络进行训练，得到了各层的权值矩阵和偏置向量，模型精度为 0.01。应用测试集对上述网络进行测试，测试精度达到了 89%。由测试结果可知，该网络的泛化能力较强，说明训练样本具有代表性、能够体现出原数据集的整体特征，可以根据已确定的权值矩阵和偏置向量进行模型应用。

4.4 模型应用

本文应用已标定出的神经网络模型对哈尔滨市市区主次干道路网上的 430 个路段进行了交通安全状况鉴别，共鉴别出 27 个事故多发点，具体见表 4 及图 2。图 3、图 4 分别示出了质量控制法鉴别出的事故多发点和 430 个路段的样本分布。由图 2 和图 3 可直观地看出，神经网络模型的鉴别结果与质量控制法的鉴别结果又产生了较大差异。其中，神经网络模型鉴别结果的一个显著特点是，将图 4 左下角区域（通常被质量控制法和矩阵法判定为正常路段的区域）中的

部分路段评定为事故多发路段。究其原因，这还是由评价指标体系决定的，神经网络模型选用了 7 个评价指标，而质量控制法、矩阵法只采用两个评价指标。笔者认为，由于神经网络模型考虑的事故影响因素较多，因而其评价结果是更可信的。

表 4 神经网络模型鉴别出的事故多发点

Tab 4 Hazardous locations identified by neural network model

路段 编号	年平均 日交 通量	道路 等级	横断面 形式	车道数 /条	路面宽 度/m	出入口 数量 /个	累计事 故次数 /次	亿车公里 事故率
13	19 680	主干路	1 块板	6	22	5	27	69.845 9
20	14 460	主干路	1 块板	4	12.5	6	6	39.862 7
35	18 520	主干路	1 块板	6	35	9	241	260.992
57	9 200	主干路	1 块板	4	15	4	11	169.956 6
68	14 480	主干路	1 块板	6	21	6	48	391.335 7
76	23 930	主干路	1 块板	6	21	7	72	313.502 2
79	20 950	主干路	1 块板	6	21	5	55	312.043 8
95	6 430	主干路	1 块板	6	18	10	84	589.815 3
101	20 020	次干路	1 块板	4	22	4	48	214.005 2
122	16 560	次干路	1 块板	4	22	5	35	172.230 3
126	16 740	次干路	1 块板	4	12.24	17	25	31.051 0
136	25 990	主干路	1 块板	6	22	8	7	26.969 4
137	18 680	主干路	1 块板	6	22	5	12	88.736 4
159	16 030	主干路	1 块板	6	20	8	42	83.707 3
160	16 440	主干路	1 块板	6	20	7	34	74.042 6
182	17 420	主干路	1 块板	6	22	11	38	58.911 6
315	58 840	主干路	1 块板	6	23.6	7	46	4.731 6
329	35 920	主干路	3 块板	4	15	7	16	16.476 3
330	43 580	主干路	3 块板	4	15	9	42	52.834 1
350	41 560	主干路	1 块板	6	21	7	52	70.668 5
356	28 960	主干路	1 块板	6	17	6	74	123.027 4
365	16 960	次干路	1 块板	4	15.5	9	70	248.215 6
368	29 320	主干路	1 块板	4	22	8	74	112.749 1
380	20 800	次干路	1 块板	4	22	6	40	92.611 1
385	15 920	次干路	1 块板	4	18.5	5	16	188.870 5
386	27 520	次干路	1 块板	4	18.5	1	62	136.213 3
420	24 660	主干路	1 块板	6	22	0	74	353.503 9

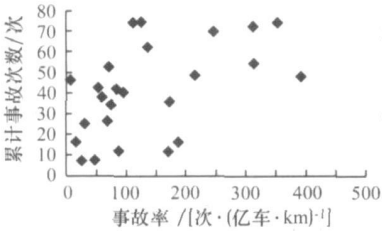


图 2 神经网络鉴别出的事故多发点

Fig 2 Samples of hazardous locations identified by neural network model

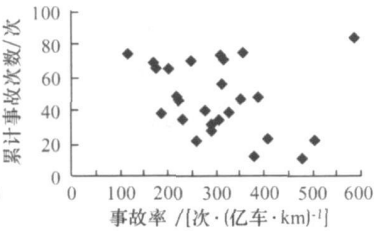


图 3 质量控制法鉴别出的事故多发点

Fig 3 Samples of hazardous locations identified by quality control method (QCM)

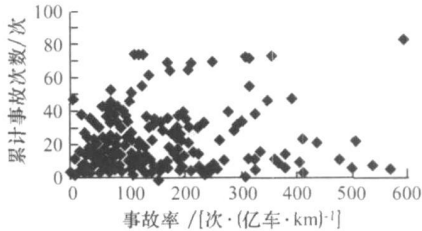


图 4 评价集合样本点分布图

Fig 4 Samples of links to be evaluated

5 总结

如何客观、公正的鉴别出事故多发点仍是一项需

要进一步研究和探索的问题。不同的鉴别方法由于采用了不同的鉴别指标和评价标准，得出的评价结果是不完全一致的，有些情况下甚至会出现相互矛盾的情

况, 这也说明目前的各种鉴别方法都有其明显的不足之处。

事故多发点的鉴别问题可归纳为一个模式识别问题, 当考虑的鉴别指标较多时鉴别方法很难用一个具有明确形式的函数来表示, 因此可考虑应用神经网络技术进行多发点鉴别。本文建立了基于 3 层 BP 神经网络的城市干道路段事故多发点鉴别模型, 该模型的显著特点是考虑了交通事故 7 个方面的影响因素, 并能将常规鉴别方法不易识别出的、隐蔽较深的多发点鉴别出来。

参考文献:

References:

- [1] SUNG N, TAYLOR W C, VINCENT M. Another Look at Identifying Hazardous Locations [C] //Transportation Research Board. 2003.
- [2] HIGLE J L, WITKOWSKI J M. Bayes Identification of Hazardous Locations [C] //Transportation Research Record. 1998, 1 185: 24- 36.
- [3] HAUER E. Empirical Bayes Approach to the Estimation of Un-safety [J] . Accident Analysis and Prevention, 1992, 24 (5): 456- 478.
- [4] PERSAUD B N. Black-spot Identification and Treatment Evaluation [R] . Ontario Ministry of Transport, 1990.
- [5] HAUER E. Identification of Sites with Promise [C] //Transportation Research Record. 1996.
- [6] ROBERT R V, VEERARAGAVAN A. Hazard Rating Scores for Prioritization of Accident Prone Sections on Highways [C] // Transportation Research Board. 2004.
- [7] TARKO A P, KANODIA M. Effective and Fair Identification of Hazardous Locations [C] //Transportation Research Board. 2004.
- [8] TARKO A P, SINHA K C, FAROOQ Q. Methodology for Identifying Highway Safety Problem Areas [C] //Transportation Research Record. 1996.
- [9] NG K S, HUNG W T, WONG W G. An Algorithm for Assessing the Risk of Traffic Accident [J] . Journal of Safety Research, 2002, 33: 387- 410.
- [10] 刘小明, 段海林. 平面交叉口交通安全评价 [J] . 人类工效学, 1997, 3 (1): 49- 53.
- [11] LIU Xiao-ming, DUAN Hai-lin. Evaluation on Traffic Safety of Intersection [J] . Chinese Ergonomics, 1997, 3 (1): 49- 53.
- [11] 方守恩, 郭忠印, 杨轶. 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- 95.
- [12] FANG Shou-en, GUO Zhong-yin, YANG Zhen. A New Identification Method for Accident Prone Location on Highway [J] . Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2001, 1 (1): 90- 95.
- [12] 刘志强, 宫镇, 柴东. 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.
- [13] LIU Zhi-qiang, GONG Zhen, CHAI Dong. Identification for Road Accident-prone Locations [J] . Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003, 3 (2): 120- 123.
- [13] 罗石贵, 周伟. 道路交通事故多发点鉴别方法探讨 [J] . 西安公路交通大学学报, 1999, 19 (1): 30- 33.
- [14] LUO Shi-gui, ZHOU Wei. Research on the Identification of Road Accident Blackspots [J] . Journal of Xi'an Highway University, 1999, 19 (1): 30- 33.
- [14] 肖慎, 过秀成, 宋俊敏. 公路交通事故黑点诊断技术研究 [J] . 公路交通科技, 2003, 20 (4): 95- 97.
- [15] XIAO Shen, GUO Xi-cheng, SONG Jun-min. Study on Road Traffic Accident Black Spot Identification Method [J] . Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2003, 20 (4): 95- 97.
- [15] 张铁军, 唐琤琤, 张巍汉. 双变量区间过滤法进行事故多发段判别 [J] . 公路交通科技, 2006, 23 (3): 139- 142.
- [16] ZHANG Tie-jun, TANG Zheng-zheng, ZHANG Wei-han. Accident Prone Location Identification on Highway Using Double Variables Filtration Method [J] . Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2006, 23 (3): 139- 142.
- [16] 裴玉龙, 戴彤宇. 鉴别道路交通事故多发点的模糊评价法 [J] . 公路交通科技, 2005, 22 (6): 121- 125.
- [17] PEI Yu-long, DAI Tong-yu. Fuzzy Evaluating Method to Distinguish Black Spot [J] . Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005, 22 (6): 121- 125.