

交通事故黑点鉴别与改善排序研究

金霞¹, 雷桂荣¹, 刘峰², 王红¹, 朱顺应¹

(1. 武汉理工大学, 湖北 武汉 430063; 2. 广东云梧高速公路有限公司, 广东 云浮 527300)

摘要: 为降低路段统计尺度对交通事故黑点识别结果的影响, 汲取动态划分路段原理的优点, 考虑不同间距上空间相邻事故发生概率, 提出基于动态分段的泊松分布黑点鉴别方法和计算模型; 引入时间维度, 考虑事故发展趋势, 采用重要性-绩效分析方法 (Importance Performance Analysis, IPA) 对事故黑点严重程度进行排序; 将该方法与基于动态分段的当量事故数法进行对比, 结果表明该方法在动态路段长度划分上更符合实际, 避免了把事故黑点拆分成多个, 得出的事故黑点更精确, 更便于事故成因的系统分析, 同时在确定黑点改善顺序时考虑了事故黑点发展趋势变化, 可在有限资金约束下实现效益最大化。

关键词: 交通安全; 交通事故; 事故黑点鉴别; 改善排序; 动态分段

中图分类号: U491.3

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)02-0045-04

通常受道路条件、交通条件、环境条件等影响, 在一个较长的时段 (通常为 1~3 年) 内发生交通事故的数量和特征与其他正常点相比明显突出或有潜在安全隐患的点称为公路交通事故黑点。交通事故黑点鉴别在交通安全领域是一个经典而又持续研究的问题, 相关研究主要集中在事故率当量计算、识别方法、交通冲突计算、黑点的计算机可视化和统计尺度影响等方面。事故黑点早期鉴别方法有绝对数法、相对数法、当量事故率法、质量控制法、临界率法、矩阵法等, 后来随着对公路交通安全问题研究的深入及计算机技术的发展, 鉴别方法被不断改进。杨轸等为改善双指数函数对事故黑点累计频率曲线拟合精度问题, 提出了双曲正切函数法; 孙连超等利用交通冲突技术, 提出了公路事故黑点鉴别灰色评价法; Gregoriades A. 等基于交通事故风险预估, 提出了黑点鉴别贝叶斯网络法, 并将贝叶斯网络和动态交通分配模拟器及可视化交互系统相结合评价事故危险程度; Lipovac K. 等采取调查和专家的观点与历史事故资料统计相比较的方法发现潜在事故黑点; Washington S. 等提出了基于事故财产损失的等价计算来考虑事故严重程度和分位数回归技术确定交通网络事故黑点的方法; Sandhu H. A. S. 等借助 GIS, 提出采用核密度估计方法鉴别高速公路交通事故黑点; Elyasi M. R. 等基于相同的安全改进潜力将道路分段, 利用事故次数、事故率、财产损失、理想事故次数指标, 采取经验贝叶斯网络鉴别事故黑点; 王海等提出了基于改进缓冲区分析技术的事故多发

点鉴别方法, 在对三类异常数据进行清洗的基础上提出了改进的点缓冲区分析方法, 将变长半径的点缓冲区分析和叠置分析相结合进行事故多发点鉴别; 温惠英等为改善事故黑点识别的统计路段尺度影响问题, 提出了路段动态非定长统计的当量事故率黑点鉴别法。

研究者已注意到事故统计路段的长短及起终点位置会直接影响事故率计算结果, 影响事故黑点的最终确定。早期的固定分段法, 如将道路按 1 km 固定长度单元进行统计, 可能导致事故较集中的路段被一分为二, 从而漏掉或增加事故黑点数。固定步长过滤法和动态步长过滤法在一定程度上克服了固定单元长度统计法的缺陷, 提高了鉴别精度, 但其本质上仍然是以固定长度确定统计单元。王龙健利用统计原理对累积频率法中的取样长度进行了优化, 但并未考虑实际事故点的空间分布情况, 可能导致有的事故黑点被一分为二。另外, 在事故黑点改善方面没有考虑事故黑点的发展趋势, 随着时间的推移, 交通条件和环境条件等因素发生变化, 有些事故黑点当量事故率越来越大, 而有些事故黑点当量事故率趋于平稳甚至越来越小, 在有限资金约束下, 这两类事故黑点在后续改进工作中应区别对待。为了克服上述缺陷, 该文提出基于动态分段的泊松分布交通事故黑点鉴别方法, 考虑不同间距上空间相邻事故发生概率对路段划分进行改进, 同时引入时间维度, 考虑事故黑点事故率发展趋势确定事故黑点改进顺序。

1 数据与方法

1.1 数据

云梧(云浮—梧州)高速公路 K89+168—K187+594 段的设计车速为 100 km/h,双向四车道。交通事故数据统计分析时限为 2010—2015 年,共发生事故 1 585 起,事故年分布和形态分布分别见图 1、图 2。交通事故数据项包括发生时间、地点、方向、受伤人数、死亡人数、路产损失、交通量、事故原因和天气状况等。

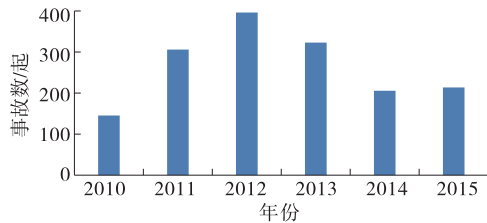


图 1 云梧高速公路交通事故年分布

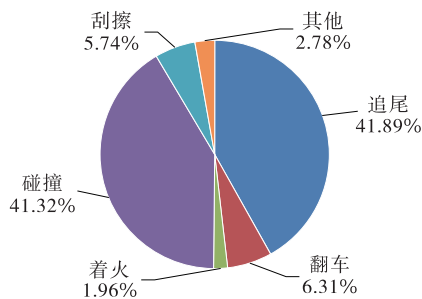


图 2 云梧高速公路交通事故形态分布

1.2 事故黑点鉴别

为改善事故黑点鉴别统计空间影响,采用基于动态分段的泊松分布黑点鉴别方法进行事故黑点鉴别。在假设单位路段上事故总次数服从泊松分布的前提下,推导事故间距分布特征,确定最大事故间距临界值;然后利用最大事故间距对事故路段进行划分,按照泊松分布计算各分段小于实际发生次数的累计概率,按照 95% 概率鉴别事故黑点。

1.2.1 事故间距分布特征

假设单位路段上的事故总数服从泊松分布,则长为 l 的路段上发生 k 次事故的概率为:

$$P(X=k) = \frac{(\lambda l)^k e^{-\lambda l}}{k!} \quad (k=0,1,2,\dots) \quad (1)$$

式中: λ 为研究道路的平均事故率(次/km)。

如果长为 l 的路段上没有事故发生,则事故间距至少为 l ,也就是说 $P(0)$ 是事故间距大于或等于 l 的概率,于是有:

$$P(L \geq l) = P(X=0) = \frac{(\lambda l)^0 e^{-\lambda l}}{0!} = e^{-\lambda l} \quad (2)$$

事故间距小于 l 的概率为:

$$P(L < l) = 1 - P(L \geq l) = 1 - e^{-\lambda l} \quad (3)$$

由于事故间距的分布为连续分布,可得:

$$P(L \leq l) = P(L < l) = 1 - e^{-\lambda l} \quad (4)$$

设最大事故间距的比例 $P(L \leq l) = \alpha$,则事故最大间距为:

$$l_{\max} = \frac{-\ln(1-\alpha)}{\lambda} \quad (5)$$

不同公路的交通安全水平不同,一般情况下, λ 较大,则 α 取值较大; λ 较小,则 α 取值较小。

1.2.2 事故黑点鉴别

利用式(5)求出事故最大间距后,对事故点进行统计分段,若两事故间的距离小于等于事故最大间距,则将它们划分在一个路段内,反之则划分在不同路段内。然后按照泊松分布计算各路段小于实际发生次数的累计频率,若不小于 95%,则认为该路段是事故黑点。

1.3 事故黑点改善排序

借鉴重要性—绩效分析方法(Importance Performance Analysis, IPA)原理,以基年当量事故率为横坐标、分析年限内当量事故率的平均增长率为纵坐标,把平面坐标系划分为优先改进、其次改进、第三改进、第四改进 4 个区域(见图 3)。矩阵单元里每个事故黑点的空间位置表示其改进优先顺序,当量事故率越大、当量事故率平均增长率越大的事故黑点越优先改善。

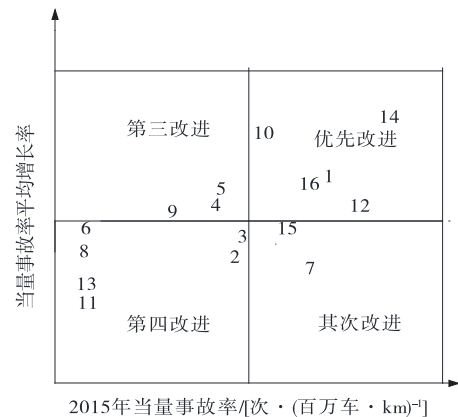


图 3 动态分段的泊松分布黑点鉴别方法排序结果

路段当量事故率 P 按下式计算:

$$P = \frac{ETAN \times 10^6}{365 \times AADT \times l} \quad (6)$$

式中: $ETAN$ 为当量总事故次数, $ETAN = K_1F + K_2J + TAN$; K_1 、 K_2 为死亡、受伤事故的权重, 根据以往研究成果, 分别取 2.0、1.5; F 为事故中死亡人数; J 为事故中受伤人数; TAN 为总事故次数; $AADT$ 为年平均日交通量 (pcu/d); l 为路段长度 (km)。

2 鉴别结果与分析

对云梧高速公路 K89+168—K187+594 段 2010—2015 年事故数据进行统计分析, 得 $E(k) = 6.59$, $\sigma^2(k) = 7.62$, $E(k)/\sigma^2(k) = 0.86$, 接近 1.00, 可考虑采用泊松分布拟合。使用 χ^2 进行拟合优度检验, $\chi^2 = 13.24$, 自由度 $DF = 8$, 取显著性水平 $\alpha = 0.05$, 查表得 $\chi_{0.05}^2 = 15.507 > 13.24$, 可认为单位路段上的交通事故数服从泊松分布, 且长为 l 的路段上发生 k 次事故的概率为:

$$P(X=k) = \frac{(6.59l)^k e^{-6.59l}}{k!}$$

$\lambda = 6.59$ 次/km, 较大, 可推得大多数事故间距不大, 故取概率为 75% 时的事故间距为分段间距,

即 $P(L \leq l) = 1 - e^{-\lambda l} = 75\%$, 得 $l = 210$ m, 即最大间距为 210 m。

对路段进行划分后计算每个分段小于实际发生次数的累计概率, 累计概率不小于 95% 的分段即为事故黑点路段。同时采用文献[10]中基于动态分段的当量事故率法对云梧高速公路进行事故黑点鉴别, 对比分析两种方法鉴别结果的差异。路段动态非定长划分如下: 设定最小分段长度为 100 m, 单位路段延续长度为 100 m, 最大分段长度为 500 m。以最小分段长度开始排查, 如果没有交通事故发生, 则标记为安全路段; 有事故发生, 则将路段延续单位长度 (100 m), 直到路段长度达到最大分段长度或延续单位路段没有交通事故, 划分下一路段。事故黑点分析结果见表 1。

由表 1 可知: 1) 基于动态分段的泊松分布交通事故黑点鉴别法和基于动态分段的当量事故率法鉴别出的事故黑点大致相同, 说明这两种方法均可用来鉴别事故黑点。2) 序号为 1、2、4、6、7、11、12、13、14、15、16 的事故黑点, 基于动态分段的泊松分布黑点鉴别法得出的黑点路段更短、事故率更大。这是

表 1 两种方法事故黑点鉴别结果对比

序号	改进顺序	基于动态分段的泊松分布黑点鉴别法的鉴别结果				基于动态分段的当量事故数法的鉴别结果			
		地点	方向	路段长度/km	当量事故率	地点	方向	路段长度/km	当量事故率
1		K128+530—800	云浮—梧州	0.27	2.18	K128+500—800	云浮—梧州	0.30	1.97
2	优先	K90+700—K91+010	梧州—云浮	0.31	3.13	K90+700—K91+100	梧州—云浮	0.40	2.43
3	改进	K110+900—K111+410	云浮—梧州	0.51	2.32	K110+800—K111+300	云浮—梧州	0.50	2.04
4		K149+550—K152+300	云浮—梧州	2.75	4.40	K149+500—K152+300	云浮—梧州	2.80	4.32
5		K114+800—K115+900	云浮—梧州	1.10	0.43	K114+700—K115+200	云浮—梧州	0.50	0.94
6	其次	K130+250—680	云浮—梧州	0.43	3.79	K130+200—700	云浮—梧州	0.50	3.26
7	改进	K139+300—700	梧州—云浮	0.40	3.49	K139+300—700	梧州—云浮	0.40	3.49
8		K114+600—900	梧州—云浮	0.30	1.52	K114+600—900	梧州—云浮	0.30	1.52
9	第三改进	K105+900—K109+100	梧州—云浮	3.20	1.19	K105+900—K106+400	梧州—云浮	0.50	0.62
						K106+500—900	梧州—云浮	0.40	1.21
						K107+100—K108+700	梧州—云浮	1.60	1.89
10		K101+900—K102+550	云浮—梧州	0.65	1.57	K101+800—K102+300	云浮—梧州	0.50	1.33
						K102+400—600	云浮—梧州	0.20	1.78
11		K101+790—K103+050	梧州—云浮	1.26	2.30	K101+700—K103+000	梧州—云浮	1.30	2.23
12		K93+830—K95+100	梧州—云浮	1.27	2.43	K93+800—100	梧州—云浮	1.30	2.37
13	第四	K128+700—K129+060	梧州—云浮	0.36	4.11	K128+700—K129+100	梧州—云浮	0.40	3.70
14	改进	K94+100—410	云浮—梧州	0.31	1.37	K94+100—500	云浮—梧州	0.40	1.06
15		K128+100—280	云浮—梧州	0.18	15.36	K128+000—300	云浮—梧州	0.30	9.22
16		K114+150—450	云浮—梧州	0.30	1.11	K114+100—500	云浮—梧州	0.40	0.84

由于基于动态分段的泊松分布黑点鉴别法是根据实际事故点动态推进步长分段,基于动态分段的当量事故数法以 100 m 的整数倍为推进步长,最小为 100 m,最大为 500 m。而这两种方法鉴别出的事故黑点事故数相等,由于基于动态分段的泊松分布黑点鉴别法鉴别出的事故黑点路段更短,故其事故率更大。3) 序号为 3 的事故黑点,基于动态分段的泊松分布黑点鉴别法得出的黑点路段更长、事故率更大。这是由于基于动态分段的当量事故数法划分的路段最大长度为 500 m,容易将事故较集中的路段一分为二,出现事故黑点路段长度减少的问题,导致识别结果不一致。4) 序号为 9 和 10 的黑点,基于动态分段的泊松分布黑点鉴别法得出的结果为 1 个黑点,而基于动态分段的当量事故率法得出的分别为 3、2 个黑点。黑点的形成跟黑点前后道路线形条件有关,将 1 个黑点划分成 2 个黑点,在黑点分析时不能系统考虑其形成原因,会导致成因分析结果不准确。

3 结论

(1) 基于动态分段的泊松分布黑点鉴别法在对路段进行划分时,先推导出事故间距的分布规律,再确定事故最大分段间距,动态非定长划分路段(如表 1 中各事故黑点路段长度不相等),消除了统计尺度和统计起讫点的影响,使事故分段更符合实际分布情况,在一定程度上提高了鉴别精度。

(2) 基于动态分段的泊松分布黑点鉴别法在确定事故黑点改善顺序时,考虑其发展趋势,引入时间维度,避免了当量事故率大、增长率为负的还优先改进问题,同时引入当量事故率等指标,避免了单纯以事故数作为参数而忽视事故严重程度影响,在有限资金约束下,达到了黑点改善效益的最大化。

但该文存在以下不足:1) 在初步鉴别事故黑点时没有考虑改善效果—费用比,也未考虑改善难度影响。2) 基于动态分段的泊松分布黑点鉴别法难以区分同一区域事故黑点改善顺序。另外,事故率增长趋势年限确定问题仍需进一步研究,若以事故率发生现状趋势作为增长率,则不符合未来的交通事故发展趋势,因为交通条件和环境条件在持续变化。3) 事故间距的分布规律是在路段事故总次数服从泊松分布的基础上得出的,如果路段事故总次数不服从该分布,则事故最大间距确定需根据具体的分布形式进行推导。

参考文献:

- [1] 过秀成.公路交通事故黑点分析技术[M].南京:东南大学出版社,2009.
- [2] 杨轶,唐莹,方守恩.双曲正切函数在事故黑点鉴别中的应用[J].哈尔滨工业大学学报,2011,43(10).
- [3] 孙连超,邵毅明,颜雪丽,等.基于 TCT 的公路交通事故黑点鉴别方法研究[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2012,31(1).
- [4] Gregoriades A, Mouskos K C. Black spots identification through a bayesian networks quantification of accident risk index[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2013, 28(3).
- [5] Lipovac Krsto, Nešić Miladin, Tešić Milan, et al. A comparative analysis of dangerous locations on the public roads in Serbia[J]. Safety Science, 2016, 84.
- [6] Washington S, Haque M M, Oh J, et al. Applying quantile regression for modeling equivalent property damage only crashes to identify accident black spots[J]. Accident Analysis & Prevention, 2014, 66(1).
- [7] Sandhu H A S, Singh G, Sisodia M S, et al. Identification of black spots on highway with kernel density estimation method[J]. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 2016, 44(3).
- [8] Elyasi M R, Saffarzade M, Boroujerdian A M. A novel dynamic segmentation model for identification and prioritization of black spots based on the pattern of potential for safety improvement [J]. Transportation Research Part A: Policy & Practice, 2016, 91.
- [9] 王海,李瑞敏.缓冲区分析方法在事故多发点鉴别的应用研究[J].公路工程,2016,41(1).
- [10] 温惠英,吴亚平,漆巍巍.山区公路事故黑点鉴别及其成因分析模型[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2016,35(4).
- [11] 崔洪军,申晓静,赵述捷,等.基于交通事故间距分布特征的事故黑点鉴定新方法[J].武汉理工大学学报,2012,34(2).
- [12] 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).
- [13] 王龙健,成嘉琪.累计频率法鉴别道路事故多发点中单位取样长度的限定[J].公路与汽运,2015(5).
- [14] Oh H. Revisiting importance-performance analysis[J]. Tourism Management, 2001, 22(6).
- [15] 阎莹,刘浩学,游小青,等.道路交通事故多发位置鉴别新方法的探讨[J].交通运输系统工程与信息,2005,5(3).