

贵州省道路交通事故影响因素及演化趋势的探讨

周涛 贺中华 梁虹 张显强 李永柳 梁永娜 邢愿

(1 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵州贵阳 550001;

2 贵州省道路交通事故鉴定工程技术中心, 贵州贵阳 550005)

【摘要】为减少贵州省道路交通事故的发生次数, 加强对道路交通事故诱因监管力度。以贵州省作为研究对象, 将灰色系统与耗散结构中的熵结合起来, 从 2009—2013 年《交通年鉴》中选取影响交通事故的 8 个因素序列数据, 在灰色关联系数计算结果基础上, 进一步探究影响因素熵关联顺序; 以便从整体上把握交通系统演化方向的判别, 结果表明: 天气(晴) 0.9205>机动车违法 0.9010>责任者驾龄 0.88909>照明条件 0.8906>地形(山区) 0.8890>公路行政等级 0.8855>路面类型(沥青) 0.8801>路表情况(干燥) 0.8790, 受以上因素的影响熵值变化呈现先减小后增加再减小再增加的趋势; 由熵变值可知, 系统整体处于良性循环状态, 但今后交通系统若要朝着有序状态方向演化, 还须采取相关措施使熵值减小, 以实现贵州省道路交通系统的可持续发展。

【关键词】 交通事故; 灰关联熵; 影响因素; 演化

【中图分类号】 U491.3 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1003-6563(2016)06-0030-06

0 引言

近年来, 随着经济的快速发展, 汽车拥有量陡然增加, 交通安全形势也随之日趋恶化, 道路交通事故的发生已严重的危及到经济发展、社会安定、生命财产安全, 据贵州省 2009-2013 年贵州省《交通年鉴》统计由于交通事故造成的经济损失为 720 万元, 受伤、死亡人数达 16471 人。研究道路交通事故产生原因及演化方向, 为实现社会和谐稳定具有重大的现实意义。

针对道路交通事故的研究, 通过建立 Cox 风险模型及实例分析, 明确了造成交通持续拥堵的时间因素和地区; 将高斯混合模型和卡尔曼滤波语言进行耦合, 构造出了新的交通安全指标, 实现了对高速公路交通事故率预测、通过对比分析 GM(1,1)模型和灰色 Verhuist 模型特性, 结合中国道路交通事故现状, 对交通事故死亡人数进行的预测; 利用灰色残差模型特性使预测误差降低有效地对公路交通事故进行预测; 耦合灰色模型, 马尔可夫理论两者优点使该模型具备在较长的周期内进行波动状态的精准预测。以驾驶员作为研究对象, 经灰色聚类法分析,

得出性别、驾龄、年龄三者因素作用于交通事故倾向性。交通标识在不同信息背景下，将对驾驶员形成不同的视认特性，优化字数、高度可大大提高高速公路安全性最大限度的保障交叉口的顺畅，建立相应模型并进行 VISSIM 仿真，优化了绿灯时间间隔；运用分析研究了广东省特大交通事故形态及时间分布特征，为今后采取相关措施，降低交通事故的发生提供一定的理论依据；应用统计方法明确指出江苏省交通事高发的时间分布特征及危险时段，并提出可建设意见；运用相关性分析了京津塘高速公路交通事故与气象条件的关系，得出交通事故时间分布特征及与气象因素间的关系；其余研究成果。

就贵州省道路交通事故影响因素研究而言国内研究成果较少涉及，大多都以全国、北部、东部城市作为研究对象，未涉及西南地区，尤其是西南喀斯特地区，因此本文以贵州省为研究对象，应用灰关联熵得出影响道路交通事故因素的强弱顺序，建立交通系统演化方向的判别模型，为进一步研究贵州省道路交通事故奠定基础。

1 研究区概况

贵州省地处中国西南部，位于 $103^{\circ} 36' E - 109^{\circ} 35' E, 24^{\circ} 37' N - 29^{\circ} 13' N$ ，国土面积 17.62 万 km^2 ，属于云贵高原向东过渡的斜坡地带，地貌以丘陵为主，喀斯特强烈发育面积达 13 万 km^2 ，占到全省面积的 73%，其中 95% 的县市都有喀斯特的分布。受季风的影响气候类型以亚热带高原季风湿润气候为主。全省由 9 个州市组成。2015 年年底贵州省实现县县通高速总里程达到 5100 公里，“十三五”贵州高速总里程将超过 7000 公里，贵州省交通路线分布如图 1 所示。

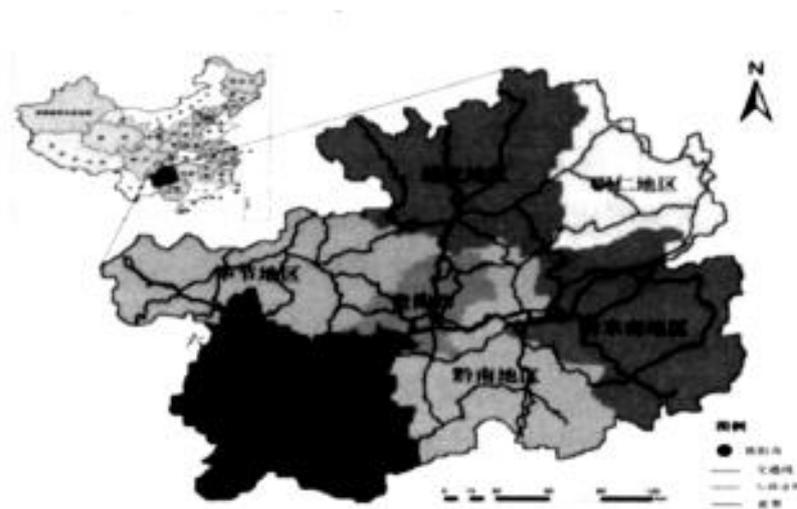


图 1 贵州省交通路线分布图

Fig. 1 Distribution of traffic routes in Guizhou

2 数据与方法

2.1 交通数据

交通数据的获取是根据贵州省各级公安机关交通管理部门整编的《交通年鉴》。地区为贵州省的9个州市，选取影响交通事故较强的8个因素，时间段为2009-2013年，须指出由于2009-2011年的数据的缺失，在本文中是以内插法实现的补缺，目的是为了保证最终的计算结果更加切合实际。取5年各项指标的平均值作为原始数据表1。作为判别贵州省交通事故演化方向及影响因素强弱的依据。

表1 2009—2013年贵州省道路交通事故
发生次数及万车事故率

Tab. 1 Frequency of road traffic accidents and accident rate
every ten thousand vehicles in Guizhou, 2009—2013

地区	机动车 违法 /次	照明 条件 /次	公路 行政 等级 /次	责任 者驾 龄 /次	路面 类型 (沥青) /次	路表 情况 (干燥) /次	地形 (山区) /次	天气 (晴) /次	万车 事故 率/年
贵阳市	469	596	367	404	479	389	441	236	5.12
六盘水市	658	845	715	538	624	576	785	379	5.38
遵义市	1 247	1 339	1 507	1 012	990	1 116	1 592	651	1.88
安顺市	668	811	632	483	588	557	695	310	5.08
铜仁市	572	726	559	501	567	480	617	304	3.94
黔西南州	388	532	325	308	409	311	365	203	3.98
毕节市	504	631	456	395	489	383	501	230	2.66
黔东南州	555	703	542	433	524	461	600	280	9.6
黔南州	686	850	711	526	610	580	778	331	7.56

2.2 灰关联熵分析方法

2.2.1 灰关联熵原理

交通系统由于受道路等级、天气情况、照明条件等诸多因素的共同作用使得该系统呈现出多样性和复杂性，而且从目前的研究状况来看人们对喀斯特现象和喀斯特地区交通的认识不全面，大量的不确定性因素仍然未能得到正确认识。这些性质具有灰色特征，从而导致交通系统是一个具有模糊性的灰色系统。

交通系统也从属于耗散结构，所以其存在与发展必然会受到耗散结构规律的支配，要使交通系统保持有序状态，那么必须使人员、地形、路面、天气等子系统相互协调。而利用耗散结构中摘变与系统有序性的关系可以更好地把握这些因素的相互关系。

灰关联熵实质是运用离散的数据列解决无限的空间问题,并得出主要的影响因素及其强弱关系。

2.2.2 灰关联系数的计算

1)将模型特征行序列分为参考序列、比较序列两类,对于交通系统模型而言将万车事故率作为参考序列,将《交通年鉴》中由以上因素造成道路交通事故的指标中选取8个作为比较序列。设参考序列为 $X_i^* = (X_i^*(1), X_i^*(2), \dots, X_i^*(n)) (n=9)$, 为 t 时段内 m 个地区万辆车发生交通事故的概率,比较序列为 $Y_j^* = ((Y_j^*(1) Y_j^*(2) \dots Y_j^*(n)) (n=9)$, 为 t 时段内 m 个地区造成交通事故的次数。

2)为了消除量纲的影响,需要对数据进行标准化处理,记作 $X_i, Y_j (1 \leq i \leq n)$:

$$X_i = \frac{x_i^*}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^*} \quad Y_j = \frac{y_j^*}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j^*} \quad (1)$$

3)计算两个数列中对应绝对值的最大值和最小值:

$$\Delta \max = \max \{ |X_i - Y_j| \} \quad \Delta \min = \min \{ |X_i - Y_j| \} \quad (2)$$

4)得到灰色关联系数:

$$R_j = \frac{\Delta \min + \rho \Delta \max}{|X_i - Y_j| + \rho \Delta \max} \quad (3)$$

其中: R_j 为灰色关联系数, ρ 为分辨系数通常取0.5, 通过调整 ρ 值的大小可实现对数据转化的影响,其

取值越小关联系数之间的差异性越显著。

2.2.3 灰色关联熵的计算

根据熵变理论,灰色关联熵可表示为:

$$H_{\Phi} = -\sum_{k=1}^n p_k \ln p_k \quad (4)$$

式中: H_{Φ} 为交通系统的灰色关联熵,当系统状态保持一定时,熵值就可以确定;对参考数列和比较数列进行映射处理,可得灰关联系数的分布密度 P_k

$$P_k = R_j / \sum_{j=1}^n R_j \quad j=(1,2,\dots,n) \quad (5)$$

由于灰熵具有 Shannon 熵的全部性质,为了使结果更具代表性,消除不确定性,灰熵具有最大值:

$$H_{\Psi}(X) = \ln n \quad (6)$$

由灰熵定律可知当比较序列 Y_j^* 与参考列 X_i^* 几何形状越接近,那么 Y_j^* 为最强关联且 Y_j^* 与 X_i^* 的各点距离相差不大。所以熵关联度为:

$$F_j(Y_j^*) = H_{\Phi} / H_{\Psi} \quad (7)$$

交通系统受到多个因素的共同影响且各因素间相互联系,当其中一个因素变动会引起整个系统信息熵的变化,所以可以利用熵值的变化来衡量交通系统的演化方向,因此建立交通系统演化方向熵变的判别模型:

$$\Delta H_{\Phi} = H(x+1) - H(x) \quad (8)$$

式中: $H(x+1)$ 为交通系统 t 时段的末态熵, $H(x)$ 为交通系统 t 时段的初态熵, ΔH 为交通系统受其他影响因素引起的熵变。 ΔH 可大于、小于、等于零,根据熵变值的大小即可判断交通系统演化方向和内部协调程度。当 $\Delta H > 0$ 时表示交通系统总熵增加,系统结构处于不稳定状态,整个交通环境陷于恶性循环当中。 $\Delta H < 0$ 总熵减小,系统有序度增强,系统稳定呈现出良好发展趋势。 $\Delta H = 0$ 熵值无变化,系统状态与初始一样。

3 结果与分析

3.1 道路交通事故影响因素灰色关联系数

首先，由于参考数列与比较数列的纲 I 存在差异，须按照(1)式进行标准化处理；其次，依据(2)式计算两个数列中对应绝对值的最大值和最小值；最后根据(3)式计算得到灰色关联系数。计算结果如表 2 所示。为之后叙述方便分别取影响因素机动车违法(Z1)、照明条件(Z2)、公路行政等级(Z3)、责任者驾龄(Z4)、路面类型(沥青)(Z5)、路表情况(干燥)(Z6)、地形(山区)(Z7)、天气(晴)(Z8)。

表 2 2009—2013 年贵州省道路交通事故各影响因素灰关联系数

Tab. 2 Gray correlation coefficient of factors influencing road traffic accidents in Guizhou, 2009—2013

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8
贵阳市	0.280 1	0.301 7	0.197 0	0.326 5	0.353 7	0.271 1	0.218 2	0.2745
六盘水市	0.736 5	0.926 2	0.763 1	0.864 3	0.946 0	0.984 5	0.754 7	0.540 1
遵义市	0.065 4	0.076 2	0.053 4	0.064 4	0.077 6	0.061 2	0.055 7	0.063 5
安顺市	0.768 2	0.815 2	0.775 9	0.628 7	0.933 0	0.845 5	0.792 7	0.663 3
铜仁市	0.501 0	0.435 2	0.581 3	0.362 2	0.379 3	0.514 0	0.563 9	0.424 1
黔西南州	0.375 5	0.500 0	0.277 0	0.369 2	0.540 0	0.339 9	0.285 8	0.398 9
毕节市	0.299 4	0.285 3	0.386 9	0.313 4	0.267 3	0.381 0	0.384 8	0.384 1
黔东南州	0.095 9	0.098 5	0.093 4	0.094 1	0.097 9	0.094 7	0.094 1	0.095 3
黔南州	0.204 4	0.209 6	0.214 9	0.188 6	0.192 1	0.204 9	0.214 0	0.185 3

关联系数越大表明：道路交通事故发生的次数与万车事故率呈正相关，由表 2 中各地区的两个序列的关联系数可知，六盘水市、安顺市灰关联系数相对其它州市较大，说明两个地区由以上影响因素造成道路交通事故次数所占万车事故率比例较大，且是诱发该区道路交通事故的主要因素，因而可以有针对性地采取相关措施，以降低道路交通事故的发生频率，从而有效地减缓交通事故带来的负面压力。而遵义市、黔东南州关联系数较小，可知，造成道路交通事故的原因是多元存在的，恰好印证了交通系统是一个具有模糊性的灰色系统，同时也是一个动态的开放系统。贵阳市、铜仁市、黔西南州、毕节市、黔南州关联系数介于两者之间，可得，道路交通事故与该区域的经济、交通监管、道路布局、城市规划等有着密切的关系。受其自身局限性的影响关联系数不能从整体上反映交通系统的动态变化。只能单方面揭示出各个地区内交通事故次数与万车事故率的协调程度，因此有必要进行交通系统灰色关联的计算。

3.2 道路交通事故影响因素灰色关联熵及熵关联度

将表 2 中的灰关联系数代入 (4) 式中进行灰色关联熵 H^0 的计算, 结果见表 3。

**表 3 2009—2013 年贵州省道路交通事故影响因素
与万车事故率灰关联熵**

**Tab. 3 Gray relation entropy of factors influencing road traffic
accidents and accident rate every ten thousand
vehicles in Guizhou, 2009-2013**

影响因素	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8
灰关联熵	1.979 6	1.956 9	1.945 7	1.975 1	1.933 8	1.931 4	1.953 4	2.022 5

为进一步探究影响因素强弱的关系将 (4)、(6) 式中结果代入 (7) 式中, 并由熵关联度准则可得, 若比较数列的熵关联度越大, 那么它就与参考数列具有极强的关联性, 计算结果见表 4。

表 4 各影响因素熵关联度及排序

Tab. 4 Entropy correlation and sequence of various factors

影响因素	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
熵关联度	0.901 0	0.890 6	0.885 5	0.898 9	0.880 1	0.879 0	0.889 0	0.920 5
排序	2	4	6	3	7	8	5	1

由表 4 可得, 影响交通事故强弱顺序 $z_8 > z_1 > z_4 > z_2 > z_7 > z_3 > z_5 > z_6$ 。因此, 在今后探究交通事故形成机理时应优先考虑较强的影响因素: Z_8 、 Z_1 、 Z_4 、 z_2 , 同时兼顾较弱的影响因素: z_7 、 z_3 、 z_5 、 z_6 , 这样便能使整个交通系统朝着规范合理的方向发展。在明确影响因素强弱的基础上便能更好的把握住交通系统的演化趋势。

3.3 交通系统演变方向的判别

根据式 (8) 可得熵变值 ΔH^0 如表 5 所示, 交通系统灰关联熵变化曲线见图 2。

表 5 2009—2013 年贵州省道路交通事故影响因素
与万车事故率熵变值

Tab. 5 Entropy change factors of factors influencing road traffic accidents and accident rate every ten thousand vehicles in Guizhou, 2009—2013

影响因素	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
熵变值 (ΔH_{θ})	-3.0541	-3.0343	-3.0234	-3.0509	-3.0139	-3.0115	-3.0304	-3.0918

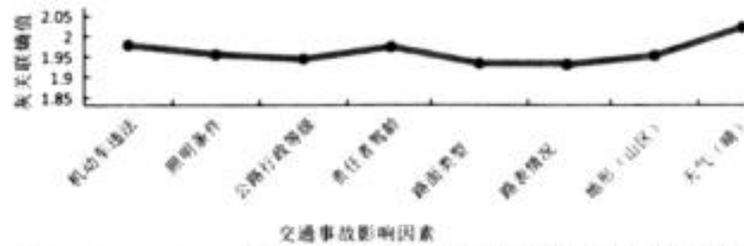


图 2 2009—2013 年贵州省道路交通系统灰关联熵变化曲线
Fig. 2 Gray relation entropy change curve of road traffic systems in Guizhou, 2009-2013

由表 5 可得，2009-2013 年影响道路交通系统的各种因素在该时段内的熵变值存在一定的起伏，但 ΔH_{θ} 都小于零，说明这几年贵州省道路交通系统总熵减少有序度变强，系统状态总体良好，能较好地支撑社会与经济各项资源能够得到优化配置。

由图 2 可得，机动车违法、照明条件、公路行政等级的熵是在减少的，即交通系统向良性方向过渡，这主要是由于随着经济的发展基础设施得以逐渐的完善，各部门加强对违法交通事件的监管，有效地降低了交通事故的发生机率。责任者驾龄导致熵增加，交通系统开始恶化，因为人们物质生活水平的大幅提高，使汽车保有量迅速增加而驾驶者没有经过长期的训练就随意驾车上路，致使事故频发。据《交通年鉴》中统计驾龄在 1 年以下造成的事故次数占到 25%。路面类型（沥青）、路表情况（干燥）的熵逐渐减少，是由于沥青路面渗水能力强使路表长时间保持干燥，大大降低了交通事故发生的可能性，OGFC 的研究和应用就是很好的例证。就地形方面（山区）而言，熵值增大，贵州省喀斯特强烈发育，地貌以丘陵为主地形起伏较大道路弯拐大、盲区多属交通事故多发区。天气（晴）熵增加到最大值，交通系统向恶性方向演化，是由于能见度提高、路表情况好等，易使驾驶者放松警惕盲目自信所致。

4 结论

通过上述分析可得出以下结论：

1)基于各州市与道路交通事故影响因素间的灰关联系数 R_j , 可知在任一区域内承受任一原因造成交通事故压力的大小, 便于明确今后有针对性的进行调整和改变, 以降低交通事故的发生次数, 大大节省人力和物力实现资源的优化配置, 同时也为生命财产安全作出了良好的保障。

2)灰关联熵分析结果表明, 影响交通事故因素强弱顺序依次为: $z_8 > z_1 > z_4 > z_2 > z_7 > z_3 > z_5 > z_6$, 由于影响贵州省道路交通事故的因素众多, 很难明确主次关系, 运用灰关联熵分析法可以较准确地找出各因素之间的关系, 这为今后减少交通事故的发生提供了一定的科学依据。

3)通过熵变值 ΔH^0 可知, 道路交通系统状态总体呈现良好的态势; 由灰色关联熵 H^0 及灰关联熵变化曲线, 责任者驾龄和天气(晴)是导致交通系统向恶性方向演化主要因子。因此, 解决此二因子是降低交通事故次数的有效途径, 其余的影响因子随着经济的发展及科技的进步将得到更多的完善, 其对交通系统的影响也将逐渐减弱。

参考文献:

[1]王文成, 杨小宝, 周映雪, 等. 基于 Cox 风险模型的城市道路交通拥堵持续时间分析[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2015, 35(增刊): 235-239.

[2]Shengui IN. Short-term traffic safety forecasting using Gau--asian mix ture model and Kalmanfilter[J]. Journal of Zhejiang University - SCIENCEA, 2013, 14(4): 231-243.

[3]王福建, 李铁强, 余传正. 道路交通事故灰色 Verhulst 预测模型[J]. 交通运输工程学报, 2006, 6(1): 122-126.

[4]李刚, 黄同愿, 同河, 等. 公路交通事故预测的灰色残差模型[J]. 交通运拍工程学报, 2009, 9(5): 88-93.

[5]钱卫东, 刘志强. 基于灰色马尔可夫的道路交通事故预测[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(3): 33-36.

[6]胡江碧, 曹心涛. 道路交通事故锥事驾驶员特征分析[J]. 中国公路学报, 2009, 22(6): 106-110.

[7]彭余华, 吕纪娜. 基于驾驶人视认特性的高速公路作业区文字类交通标志尺寸[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2016, 36(4): 71-78.

[8]李铁军, 常旭. 基于交通状态的绿灯间隔时间的优化算法[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2016, 36(3):81-85.

[9]陈国华, 曾辉. 广东省特大道路交通事故统计分析及预防对策[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(10):106-112.

[10]李文权, 王晓文. 江苏省交通事故时间分布分析[J]. 公路交通科技, 2005, 22(10):136-139.

[11]丁德平, 尹志聪, 李迅, 等. 京津塘高速交通事故与气象条件之间的关系[J]. 公路交通科技, 2011, 28(8):115-119.

[12]杨降勇. 高速公路疲劳驾驶交通事故的控制[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(1):44-48.

[13]王洪明. 我国公路交通事故的现状与特征分析[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(10):121-126.

[14]马建华, 管华. 系统科学及其在地理学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003:133-165.

[15]彭金栓, 付锐, 邵毅明. 道路交通安全系统透析[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2010, 30(6):72-75.

[16]魏萃欣, 陈华鑫, 夏惫芸. 降水量对排水沥青路面交通安全的影响[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2016, 36(3):13-18.