

高速公路交通灾害预警模型研究

朱兴琳 艾力·斯木吐拉

新疆农业大学, 机械交通学院, 乌鲁木齐 830052

摘要: 在对高速公路交通灾害进行调查分析的基础上, 考虑影响交通灾害预警的主要因素。基于未确知测度理论建立各主要影响因素的未确知测度函数, 利用熵确定各影响因素的指标权重, 依照置信度识别准则进行预警等级判定, 从而获得交通灾害预警结果。并将该预警模型应用于新疆高速公路交通灾害预警, 研究结果表明, 该方法能解决高速公路灾害评价中诸多因素不确定性问题, 可以在实际工程中进行推广应用。

关键词: 高速公路; 未确知测度模型; 交通灾害预警; 熵权

中图分类号: U491.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2010)02-0021-06

Study on the Forewarning Model of Traffic Disaster for Freeway

ZHU Xing-lin ELI Ismutulla

School of Machinery and Traffic, Xinjiang

Agricultural University, Wulumuqi 830052, China

Abstract: Based on the investigation and analysis of freeway traffic disasters, the main influential factors caused the traffic disaster were taken into account. An Uncertainty measurement function of the main factors was obtained according to the uncertainty measurement theory. Entropy theory was used to calculate the index weights of the influential factors. The traffic disaster forewarning level for freeway was defined by the credible degree recognition criteria. Furthermore, this model was applied to the early traffic disaster warning of the freeways in Xinjiang. The study results showed that the uncertainty measurement method could settle many uncertainty problems of various factors in freeway disaster evaluation and could be applied to the practical engineering.

Key words: Freeway, uncertainty measurement model, traffic disaster forewarning, entropy weight

收稿日期: 2009-06-16.

作者简介: 朱兴琳(1971-), 女, 汉族, 江苏人, 新疆农业大学讲师, 上海同济大学在读博士生, 研究方向为道路交通安全。

0 引言

近年来,我国国民经济的快速发展,带动了我国高速公路里程及汽车保有量的不断增长。高速公路运输在带来高效、快捷、方便的同时,不可避免地造成了高速公路交通灾害,即交通事故、交通拥挤与堵塞、路面损坏、环境污染、生态损害、人文公害等事件,无疑给高速公路的正常运营产生了巨大的负面影响,并对人类的生命财产和社会生活造成灾难性后果。因而深入分析当前我国高速公路安全中存在的各种交通灾害问题,探讨其交通灾害发生机理,确定其灾害等级,对有效预防高速公路交通灾害的发生,提高高速公路行车安全,具有现实意义。由于影响高速公路交通灾害因素极其复杂多样,既有内部因素(如道路线型、车辆性能等),又有外部因素(如管理水平、气候因素等),所以,如何建立交通灾害预警的合理指标体系,并对其进行有效的安全预警,至今还没有一个公认的行之有效的方法。

对于高速公路交通灾害预警研究,相关作者从不同角度建立了各种预警指标体系并给出了相应的预警模型^{[1]-[3]},但他们所使用的预警方法均是模糊综合法,而作为状态集函数的模糊隶属度不满足“归一性条件”及“可加性”^[4],因而,预警结果是不可信的。另外,模糊集的“取大”、“取小”运算也损失了许多信息,常出现分级不清、结果不合理的情况。在道路交通安全预警中,预警空间是有序的,而对有序预警空间不太适用于用“最大隶属度”识别准则进行识别和排序。另一方面,由于道路安全预警涉及许多不确定性的信息,这种不确定性称为未确知性^[5]。未确知性是不同于随机性、模糊性和灰性的一种新的不确定性,需要新的处理方法,对于上述存在的问题,未确知测度模型^[6]是一种有效的解决方法。未确知测度模型自提出以来,已在许多领域得到了广泛的应用^{[6],[7]},并取得了较好效果。

1 高速公路交通灾害预警指标体系设计

1.1 交通灾害影响因素分析

本文主要对新疆吐—乌—大高等级公路和乌—

奎高速公路的交通灾害状况进行了调查,在此基础上对造成高速公路交通灾害的影响因素进行分析,并结合相关研究成果^{[1]-[3]},从交通工程学原理出发,确定通行车辆、道路环境、道路营运管理及社会救援等四个方面作为交通灾害预警体系中的主要预警指标。

1.2 预警指标体系的构建

结合以上所述,对4个方面中的每个影响因素与交通灾害之间的关系进行研究,并根据交通灾害预警指标体系的系统性、可比性、可操作性建立原则,最终建立高速公路交通灾害预警指标体系,共计4个类别,19个指标。同时将交通灾害预警等级划分为以下五个等级:①无灾害危险,属I级(用 C_1 表示),表征各项预警指标状况好,对交通灾害无影响;②轻微灾害危险,属II级(用 C_2 表示),表征各项预警指标状况较好,对交通灾害有轻微影响;③一般灾害危险,属III级(用 C_3 表示),表征各项预警指标状况一般,对交通灾害有一定影响;④较大灾害危险,属IV级(用 C_4 表示),表征各项预警指标状况较差,对交通灾害有较大影响;⑤重大灾害危险,属V级(用 C_5 表示),表征各项预警指标状况差,对交通灾害有重大影响。具体预警指标体系、分级标准及赋值情况如表1所示。

2 未确知测度模型

设某评价对象 R 有 n 个,则评价对象空间为 $R=\{R_1, R_2, \dots, R_n\}$ 。对于每个评价对象 $R_i(i=1, 2, \dots, n)$ 有 m 个单项评价指标空间,即 $X=\{X_1, X_2, \dots, X_m\}$,则 R_i 可表示为 m 维向量 $R_i=\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$,其中 x_{ij} 表示研究对象 R_i 关于评价指标 X_j 的测量值。对每个子项 $x_{ij}(i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$,设有 p 个评价等级 $\{C_1, C_2, \dots, C_p\}$,评价空间记为 $U, U=\{C_1, C_2, \dots, C_p\}$ 。设定第 k 级安全等级比第 $k+1$ 级“高”,记为 $C_k > C_{k+1}$,若 $C_1 > C_2 > C_3 > \dots > C_p$,则称 $\{C_1, C_2, \dots, C_p\}$ 是评价 U 空间的一个有序分割类^[8]。

表 1 高速公路交通灾害预警指标体系及分级标准

Tab.1 System and classification criterions of the traffic disaster forewarning indexes for freeway

目标层	准则层	预警指标层	编号	预警等级				
				I C ₁	II C ₂	III C ₃	IV C ₄	V C ₅
高速公路交通灾害预警度	通行车辆 I ₁	交通量变化率	I ₁₁	0.00~0.05	0.05~0.10	0.10~0.25	0.25~0.45	0.45~1.00
		通行车辆带病率	I ₁₂	0.00~0.10	0.10~0.20	0.20~0.30	0.30~0.40	0.40~1.00
		危险品运输比例	I ₁₃	0.00~0.10	0.10~0.20	0.20~0.30	0.30~0.40	0.40~1.00
		超限车辆比例	I ₁₄	0.00~0.10	0.10~0.20	0.20~0.30	0.30~0.40	0.40~1.00
		驾驶员违章率	I ₁₅	0.00~0.10	0.10~0.20	0.20~0.30	0.30~0.40	0.40~1.00
	道路环境 I ₂	路基路面缺陷率	I ₂₁	0.00~0.50	0.50~1.00	1.00~1.50	1.50~2.00	>2.00
		交通设施损坏率	I ₂₂	0.00~0.10	0.10~0.50	0.50~1.0	1.00~2.00	>2.00
		车流饱和度	I ₂₃	0.00~0.10	0.10~0.50	0.50~1.00	1.00~2.00	>2.00
		道路线型及坡度合理度	I ₂₄	0.80~1.00	0.60~0.80	0.40~0.60	0.20~0.40	0.00~0.20
		雾、雨、雪天气能见度/m	I ₂₅	>200	200~100	100~50	50~20	0~20
		环境污染指数	I ₂₆	0.00~0.30	0.30~0.50	0.50~0.80	0.80~1.00	>1.00
		事故多发地事故递增率	I ₂₇	0.00~0.05	0.05~0.10	0.10~0.50	0.50~1.00	>1.00
	运营管理 I ₃	设备完好率	I ₃₁	0.80~1.00	0.60~0.80	0.40~0.60	0.20~0.40	0.00~0.20
		交通管制有效率	I ₃₂	>1.40	1.10~1.40	0.90~1.10	0.60~0.90	0.00~0.60
客户投诉率		I ₃₃	0	0.00~0.20	0.20~0.35	0.35~0.50	>0.50	
社会救援 I ₄	员工离职率	I ₃₄	0	0.00~0.20	0.20~0.35	0.35~0.50	>0.50	
	紧急救援有效率	I ₄₁	0.00~0.80	0.80~1.10	1.10~1.30	1.30~1.60	>1.60	
	道路清障率	I ₄₂	0.00~0.40	0.40~0.80	0.80~1.10	1.10~1.50	>1.50	
	救援投入比例	I ₄₃	0.80~1.00	0.60~0.80	0.40~0.60	0.20~0.40	0.00~0.20	

由于每个指标的分类标准已知,可将分类标准矩阵记为:

$$(a_{ijk})_{m \times p} = \begin{bmatrix} a_{i11} & a_{i12} & \cdots & a_{i1p} \\ a_{i21} & a_{i22} & \cdots & a_{i2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{im1} & a_{im2} & \cdots & a_{imp} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中 a_{ijk} 表示评价指标 X_j 的等级为 C_p 的评价标准值, 满足 $a_{ij1} < a_{ij2} < \cdots < a_{ijp}$ 或 $a_{ij1} > a_{ij2} > \cdots > a_{ijp}$ 。

2.1 单指标未确知测度

若 $\mu_{ijk} = \mu(x_{ij} \in C_k)$ 表示测量值 x_{ij} 属于第 k 个评价等级 C_k 的程度, μ 满足

$$0 \leq \mu(x_{ij} \in C_k) \leq 1 \quad (2)$$

$$\mu(x_{ij} \in U) = 1 \quad (3)$$

$$\mu \left| x_{ij} \in \bigcup_{l=1}^k C_l \right| = \sum_{l=1}^k \mu(x_{ij} \in C_l) \quad (k=1,2,\dots,p) \quad (4)$$

称满足式(2)~(4)的 μ 为未确知测度, 简称测度^[8], 式(3)称为 μ 对评价空间 U 满足“归一性”; 式(4)称为 μ 对评价空间 U 满足“可加性”, 如果 μ 不满足

足归一性和可加性, 则认为 μ 的值在理论上是不可信的。称矩阵 $(\mu_{ijk})_{m \times p}$ 为单指标测度评价矩阵, 且有

$$(\mu_{ijk})_{m \times p} = \begin{bmatrix} \mu_{i11} & \mu_{i12} & \cdots & \mu_{i1p} \\ \mu_{i21} & \mu_{i22} & \cdots & \mu_{i2p} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \mu_{im1} & \mu_{im2} & \cdots & \mu_{imp} \end{bmatrix} \quad (5)$$

设 $a_{ij1} > a_{ij2} > \cdots > a_{ijp}$, 有

$$\begin{cases} u_{ij1} = 1, u_{ij2} = \cdots = u_{ijp} = 0 & \text{当 } x_{ij} \leq a_{ij1} \text{ 时} \\ u_{ijp} = 1, u_{ij2} = \cdots = u_{ijp-1} = 0 & \text{当 } x_{ij} \geq a_{ijp} \text{ 时} \\ u_{ijl} = \frac{a_{ijl+1} - x_{ij}}{a_{ijl+1} - a_{ijl}}, u_{ijl+1} = \frac{x_{ij} - a_{ijl}}{a_{ijl+1} - a_{ijl}} & \text{当 } x_{ij1} \leq a_{ijl} \leq a_{ijl+1} \text{ 时} \\ u_{ijp} = 0 & \text{当 } p < l \text{ 或 } p > l+1 \text{ 时} \end{cases} \quad (6)$$

2.2 指标权重的确定

在此, 需要确定各项指标的权重。设 w_j 表示评价指标 X_j 相对其他评价指标的重要程度, 即权重,

要求满足: $0 \leq w_j \leq 1$, 且 $\sum_{j=1}^m w_j = 1$, 称 w_j 为 X_j 的权重, $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 称为指标权重向量。可利用熵确

定权重^[9], 即

$$v_j = 1 + \frac{1}{\lg p} \sum_{i=1}^p \mu_{ji} \lg \mu_{ji} \quad (7)$$

$$w_j = \frac{v_j}{\sum_{i=1}^n v_i} \quad (8)$$

因为单指标测度评价矩阵式(5)是已知的, 所以可以通过式(7)、(8)求得 w_j 。

2.3 多指标综合测度评价向量

若 $\mu_{ik} = \mu(R \in C_k)$, 评价样本 R_i 属于第 k 个评价类 C_k 等级的程度, 则有

$$\mu_{ik} = \sum_{j=1}^m w_j \mu_{ijk} \quad (i=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, p) \quad (9)$$

显然有 $0 \leq \mu_{ik} \leq 1$ 以及 $\sum_{k=1}^p \mu_{ik} = 1$, 所以式(9)确定的

μ_{ik} 是未确知测度, 称向量 $\mu_{ik} = (\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{ip})$ 为 R_i 的多指标综合测度评价向量^[8]。

2.4 置信度识别准则

若 $C_1 > C_2 > C_3 > \dots > C_p$, 则称 $\{C_1 > C_2 > C_3 > \dots > C_p\}$ 是评价空间 U 的一个有序分割类。可引入“置信度”评价准则如下: 设 λ 为置信度($1 \geq \lambda > 0.5$)^[8], 通常取 $\lambda = 0.6$ 或 0.7 , 且令

$$k_0 = \min \left\{ k : \sum_{i=1}^k \mu_{ik} \geq \lambda \right\} \quad k=1, 2, \dots, p \quad (10)$$

则认为评价样本 R_i 属于第 k_0 个评价等级 C_{k_0} 。

2.5 排序

除了要判别属于哪个评价等级外, 有时要求对 R_i 的安全性重要程度排序^[9]。若 $C_1 > C_2 > C_3 > \dots > C_p$, 令 C_i 的分值为 I_i , 则 $I_i > I_{i+1}$, 且有

$$q_{R_i} = \sum_{i=1}^p I_i \mu_{ik} \quad (11)$$

式中: q_{R_i} 为评价因素 R_i 的未确知重要度, 称 $q_{R_i} = \{q_{R_1}, q_{R_2}, \dots, q_{R_n}\}$ 为未确知重要度向量, 可按 q_{R_i} 的大小对 R_i 的安全性重要度排序。

3 应用实例

针对新疆现有的高速公路通车状况, 基于历年公路交通灾害状况, 结合已建立的预警指标, 分别对各影响指标进行取值, 见表2。表1中, 评判集为 $\{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\}$, 即I级、II级、III级、IV级、V级分别表示无灾害危险、轻微灾害危险、一般灾害危险、较大灾害危险、重大灾害危险。本文基于未确知测度理论对高速公路交通灾害状况进行综合评价。

表2 高速公路交通灾害预警指标调查统计

Tab.2 Estimation and measured statistical data of the forewarning indexes of freeways

预警指标	编号	吐一乌一大高速公路等级 R_1	乌一奎高速公路 R_2	
通行车辆 I_1	交通量变化率	I_{11}	0.15	0.21
	通行车辆带病率	I_{12}	0.09	0.02
	危险品运输比例	I_{13}	0.16	0.15
	超限车辆比例	I_{14}	0.05	0.07
	驾驶员违章率	I_{15}	0.12	0.10
	路基路面缺陷率	I_{21}	0.02	0.03
道路环境 I_2	交通设施损坏率	I_{22}	0.02	0.03
	车流饱和度	I_{23}	0.43	0.40
	道路线型及坡度合理度	I_{24}	0.12	0.14
	雾、雨、雪天气能见度/m	I_{25}	25	260
	环境污染指数	I_{26}	0.08	0.15
	事故多发地事故递增率	I_{27}	0.02	0.01
营运管理 I_3	设备完好率	I_{31}	0.90	0.90
	交通管制有效率	I_{32}	0.90	0.95
	客户投诉率	I_{33}	0.05	0.03
	员工离职率	I_{34}	0.10	0.09
社会救援 I_4	紧急救援有效率	I_{41}	0.95	0.97
	道路清障率	I_{42}	0.92	0.96
	救援投入比例	I_{43}	0.65	0.70

3.1 构造单指标测度函数

根据单指标测度函数的定义和表 1、表 2 构建单指标测度函数求得各预警指标的测度值。单指标测度函数的确定可根据式 (6) 求得, 如 I_{24} 未确知测度函数如下:

$$\mu(x \in C_1) \begin{cases} 1 & x \geq 0.80 \\ \frac{x-0.70}{0.80-0.70} & 0.70 \leq x < 0.80 \\ 0 & x < 0.70 \end{cases}$$

$$\mu(x \in C_2) \begin{cases} \frac{x-0.50}{0.70-0.50} & 0.50 \leq x < 0.70 \\ \frac{x-0.80}{0.70-0.80} & 0.70 \leq x < 0.80 \\ 0 & x < 0.50 \text{ 或 } x \geq 0.80 \end{cases}$$

$$\mu(x \in C_3) \begin{cases} \frac{x-0.30}{0.50-0.30} & 0.30 \leq x < 0.50 \\ \frac{x-0.80}{0.50-0.70} & 0.50 \leq x < 0.70 \\ 0 & x < 0.30 \text{ 或 } x \geq 0.70 \end{cases}$$

$$\mu(x \in C_4) \begin{cases} \frac{x-0}{0.30-0} & 0 \leq x < 0.30 \\ \frac{x-0.50}{0.30-0.50} & 0.30 \leq x < 0.50 \\ 0 & x < 0 \text{ 或 } x \geq 0.50 \end{cases}$$

$$\mu(x \in C_5) \begin{cases} 1 & x < 0 \\ \frac{x-0.30}{0-0.30} & 0 \leq x < 0.30 \end{cases}$$

同理, 可构造其余指标的未确知测度函数, 对于吐—乌—大高等级公路, 经过计算得到其单指标测度矩阵为:

$$I_1 = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.20 & 0.80 & 0.00 & 0.00 \\ 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.90 & 0.1 & 0.00 & 0.00 \\ 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.60 & 0.40 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$I_2 = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.71 & 0.29 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.33 & 0.67 \\ 0.00 & 0.00 & 0.60 & 0.40 & 0.00 \\ 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$I_3 = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.60 & 0.40 & 0.00 \\ 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$I_4 = \begin{bmatrix} 0.00 & 1.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.86 & 0.14 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.75 & 0.25 & 0.00 & 0.00 \end{bmatrix}$$

3.2 计算多指标测度评价矩阵

根据式 (7)、式 (8) 知指标间的权重已给出: $W_1=\{0.1694, 0.2458, 0.1961, 0.2458, 0.1430\}$, $W_2=\{0.1720, 0.1720, 0.1720, 0.1077, 0.1042, 0.1001, 0.1720\}$, $W_3=\{0.2792, 0.1624, 0.2792, 0.2792\}$, $W_4=\{0.4168, 0.3120, 0.2712\}$ 。因此, $W_1 I_1=\{0.5773, 0.2676, 0.1551, 0.0000, 0.0000\}$, $W_2 I_2=\{0.6880, 0.0764, 0.0913, 0.0744, 0.0698\}$, $W_3 I_3=\{0.5584, 0.2792, 0.0975, 0.0650, 0.0000\}$, $W_4 I_4=\{0.0000, 0.8885, 0.1115, 0.0000, 0.0000\}$, 从而有,

$$I = \begin{bmatrix} 0.5773 & 0.2676 & 0.1551 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.6880 & 0.0764 & 0.0913 & 0.0744 & 0.0698 \\ 0.5584 & 0.2792 & 0.0975 & 0.0650 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.8885 & 0.1115 & 0.0000 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

而权重 $W=\{0.2170, 0.1866, 0.1750, 0.4214\}$, 故 $WI=\{0.3505, 0.4956, 0.1147, 0.0253, 0.0130\}$ 。

3.3 置信度识别

取置信度 $\lambda=0.6$, 由多指标综合测度评价向量式 (9) 和置信度评价准则式 (10) 知,

$$k_{01}=0.3505+0.4956=0.8461>0.6$$

即评价对象 R_1 的预警等级为 II 级, 表征各项预警指标状况较好, 对交通灾害无影响, 属于轻微交通灾害危险。对 R_2 进行预警, 采用同样的计算步骤可得

$$k_{02}=0.5584+0.2792=0.8376>0.6$$

即评价对象 R_2 的预警等级为 II 级, 属于轻微交通灾害危险。最后将评价对象预警结果列入表 3, 并与模糊数学的综合预警结果 (计算过程省略, 结果见表 4) 进行比较。

3.4 预警结果分析

从表 3 可以看出, 其中一条公路预警结果完全相

表3 未确知测度模型评价结果与模糊数学判别结果比较

Tab.3 Comparison of the results from uncertainty measurement evaluation and fuzzy synthetic evaluation

编号	综合未确知测度					本文方法 判别结果	模糊数学法 判别结果
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅		
R ₁	0.350 5	0.495 6	0.114 7	0.025 3	0.013 0	II	II
R ₂	0.558 4	0.279 2	0.097 5	0.065 0	0.000 0	II	I

同, 另外一个存在不一致。通过分析, 认为未确知测度的预警结果更加合理有效, 具体体现在: 模糊数学预警结果采用的是最大隶属度识别准则。按最大隶属度识别准则, R₂可判属I级, 但这显然不合理(见表4)。因为 R₂属于I级的隶属度仅为 0.381, 和II级的隶属度 0.350 相差较小。为作比较, 把置信度识别准则引入到模糊数学预警方法中, 设 λ=0.6, 从大到小和从小到大的评价结果相同, 均为II级, 与未确知测度评价结果完全相同。

表4 模糊数学评判结果

Tab.4 Results of the fuzzy synthetic evaluation for freeways

序号	I	II	III	IV	V
R ₁	0.240	0.383	0.239	0.120	0.018
R ₂	0.381	0.350	0.161	0.100	0.008

从结果可以看出, 在模糊数学中引入置信度识别准则后的预警结果与未确知测度结果完全吻合, 由此可见未确知测度的预警结果更加科学合理。并且在权参考文献

[1] 程琦. 高速公路交通灾害的预警管理研究[D]. 湖北: 武汉理工大学, 2002.
 [2] 丁元春, 翁发禄. 基于神经网络的高速公路交通灾害预警研究[J]. 计算机系统应用, 2008, 10(1): 72-74.
 [3] 王超. 交通灾害中的载运工具致灾机理及其预警管理系统研究[D]. 湖北: 武汉理工大学, 2002.
 [4] 刘开第, 吴和琴, 庞彦军, 等. 不确定性信息数学处理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
 [5] 王光远. 论未确知性信息及其数学处理[J]. 哈尔滨建筑工程学院学报, 1990, 23(4): 22-28.

重确定时采用信息熵理论, 减少了人为因素影响, 权重更加客观真实, 这是模糊综合评判无法比拟的。

利用模糊综合评判法进行综合评价时, 之所以会出现分级不清及不太合理结果, 笔者认为其主要原因是复合运算过程中取大取小运算符只强调了极值的作用, 而忽视了其它中间值的贡献, 从而导致评价结果与实际不符。

4 结束语

运用未确知测度模型对高速交通灾害进行了预警和分析。研究结果表明, 未确知测度预警模型更加科学合理, 能够确定灾害等级, 还可以按灾害重要程度排序。本文仅从宏观的角度对高速公路交通灾害进行了预警的初步研究, 另有许多问题可做进一步讨论, 如交通灾害预警指标的合理选取以及评价模型置信度识别准则 λ 如何更合理选取, 以保证预警等级的准确性。本方法为道路安全生产和治理提供了一条新思路, 具有一定的理论和现实意义。

[6] 刘开第, 庞彦军, 孙光勇, 等. 城市环境质量的未确知测度评价[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(12): 42-48.
 [7] 曹庆奎, 杨艳丽, 于瑞龙. 基于未确知集的煤矿安全评价[J]. 煤炭学报, 2007, 4(2): 30-33.
 [8] 刘开第, 吴和琴, 王念鹏, 等. 未确知数学[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1997.
 [9] 曹庆奎, 刘开展, 张博文. 用熵计算客观型指标权重的方法[J]. 河北建筑科技学院学报, 2000, 17(3): 40-42.

(中文编辑: 刘婷婷)