

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.05.031

基于实践的高速公路管养风险辨识、度量及管控探讨

殷峰

(上海城投高速公路运营管理中心, 上海市 201913)

摘要: 针对风险辨识、风险度量、事故预控等高速公路风险管理的难点进行了探索。其中:为便于风险辨识,将风险按专业分为交通运行、设施安全、养护作业3类;按存在状态分为持续性、伴生性、随机性、失养性4类,并指出隐患与风险的关系,提出了发现新风险的“假定要素或环节异常法”;在风险度量方面,建立了以模糊集隶属函数为理论依据,基于管理者实际感知的风险度量方法;在事故预控方面,为表达事故与条件密不可分的本质,通过条件概率将二者结合起来,列出了全概率、贝叶斯以及紧急情况的公式表述,得到了风险管控的总体方法。

关键词: 风险分类;模糊集;实际感知;条件概率

中图分类号: U418

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)05-0122-03

0 引言

在2018年交通部颁布的《公路长大桥隧养护管理和安全运行若干规定》(交公路发[2018]35号)中,提出“健全风险管理和隐患排查工作制度,编制风险辨识手册,建立风险动态监控机制,定期开展隐患排查工作”。据此,公路管养行业正式推行了风险管理制度。然而,在该制度推行中面临很多问题,如风险辨识方法选择、从概率(或可能性分值)及危害程度2个维度进行风险度量与实际需求是否吻合、风险管控的综合方法整合等。因此,有必要对这些问题进行实践和思考。

1 风险辨识

1.1 风险分类

1.1.1 按专业划分

按专业划分可分为交通运行风险、设施安全风险、养护作业风险。

交通运行风险是社会车辆正常通行中的重大交通事故、火灾和因危化品车及超限车辆通行、人员或动物及非机动车进入高速公路、因路况危险因素或公路设施损坏及恶劣天气等意外因素导致重大交通事故的安全风险。

设施安全风险是指桥梁被船撞、超重车造成桥梁断裂或倾覆、洪水或长期持续冲刷导致桥梁坍塌、隧道严重渗漏、钢管桩严重锈蚀、斜拉索钢丝锈断等

结构安全风险和隧道雨水泵故障、隧道消防检测装置故障、隧道供电系统故障等重大设备安全风险。

养护作业风险属于生产安全风险,是养护常见的占路作业、高空作业、电气作业、有限空间作业、水上作业等过程中存在的人员伤亡、财产损失风险。

1.1.2 按存在状态划分

按存在状态划分可分为持续性风险、伴生性风险、随机性风险、失养性风险。

持续性风险是指长期(或一段时期)持续存在、不易消除的风险,包括可燃物运输车隧道内起火、冰雪造成路面湿滑、通航河道船撞桥墩、汛期暴雨下穿地道积水、超重频发公路桥梁被压坏、净空临界的桥孔被车撞、桥孔易燃物着火、连续长下坡导致车辆失控、独柱墩桥梁抗倾覆能力不足、小半径匝道行车落物、隧道照明亮度不足导致追尾事故增多等。

伴生性风险是指伴随养护作业的风险,或者次生灾害风险,包括已发事故车辆占车道导致连续追尾事故、隧道火灾造成拥堵导致人员未能及时疏散等。

随机性风险是指存在时间短、较为罕见、不易预见的风险,包括行驶车辆坠落重物、罕见台风洪水冲毁桥台护坡、高空养护作业中发生天气预报未能预见的强对流天气、某路段突然出现团雾等。

失养性风险是指因养护不及时或不当而产生、通过有效养护措施即可消除的风险,包括灯杆锈蚀断裂砸到行驶车辆、高空悬挂物固定支架锈蚀坠落、因路面坑塘造成车损或事故、桥头防冲护栏维修不当造成防冲性能严重不足等。

收稿日期: 2021-11-05

作者简介: 殷峰(1973—),男,硕士,高级工程师,总工程师,从事高速公路运行养护管理工作。

1.2 风险与隐患的关系

隐患是风险快速、异常发展的状态,因对风险管控不力所造成。一定程度的失养性风险、应制定但未制定应急预案或预案存在重大缺陷的风险、可以消除但未消除的风险、可以规避但未规避的风险、应当启动预案处置但未启动的风险以及风险出现异常增大,包括超重车突然增多、隧道照明故障过多、伸缩缝型钢断裂等均属于隐患。因此,隐患排查应与风险辨识工作同步进行。

1.3 风险辨识的2种方法

风险辨识会遇到2种情况:一是找出新的未知风险;二是对已知风险判断其增、减或不变。

对于第1种情况,可采用“假定要素或环节异常法”: (1) 对于一个系统,先通过结构图将系统表达出来(即要素和联系)。若各要素和联系均无异常,系统必然正常运行;若某要素出现异常,则系统很可能出问题,甚至发生危险,由此可辨识风险。解决方法是对每个要素作假定,假定该要素异常,判断异常发生的条件,如果条件可能,再判断这个异常会造成多大程度的损害。(2) 对于流程或过程,将其表述为流程图,然后假定每个环节出问题,判断出现问题的条件,如果可能再判断由此造成的损害。

对于第2种情况,应先找出构成风险的各因素,再看这些因素是否发生变化,据此判断已知风险发生的变化。

2 风险度量

本文提出的基于实际感知的风险度量方法,是在论域 U “公路运行事件”中,建立一个模糊子集 \tilde{A} “有责异常损害事件”,即用 \tilde{A} 的隶属函数 $\mu_{\tilde{A}}$ 来描述论域 U 中事件属于“有责异常损害事件”的程度,以此构成风险的度量。

所谓有责异常损害事件,内蕴3个因素:有责、损害、可能性。所有有责的情形构成集合 R ; 损害情形构成集合 D ; 可能性情形构成集合 P 。则 $U = R \times D \times P$, 即 U 等价于 R 、 D 、 P 的笛卡尔积, $U = \{(r, d, p) | r \in R, d \in D, p \in P\}$, 对于任一运行事件,均可表述为 (r, d, p) 或一系列 (r, d, p) 的组合。于是据“有责异常损害事件”定义,隶属函数 $\mu_{\tilde{A}}$ 的表达式为:

$$\mu_{\tilde{A}} = (\mu_R \times \mu_D \times \mu_P) / 12 \quad (1)$$

式中: μ_R 的值域为 $\{0, 1, 2\}$, 0 表示无责, 1 表示轻责, 2 为重责; μ_D 的值域为 $\{1, 2, 3\}$, 1 表示无或轻微损害, 2 为一般, 3 为严重; μ_P 的值域为 $\{0, 1, 2\}$, 0 表示

不可能发生, 1 为有可能发生, 2 为很有可能发生; $\mu_{\tilde{A}}$ 的值域为区间 $[0, 1]$ 。

这样,对于任一运行事件 (r, d, p) :

(1) 采用 $\mu_{\tilde{A}}$ 度量该事件属于“有责异常损害事件”的程度, $\mu_{\tilde{A}}$ 越接近 1, 说明该事件越能被管理者感知为风险, 反之 $\mu_{\tilde{A}}$ 越接近 0, 该事件越无须管理者担心。常见用损害程度和概率的乘积来度量风险大小, 其实质也是一种隶属函数, 记前者为 μ_{-1} , 后者为 μ_{-2} 。

(2) μ_{-2} 追求精确, 而 μ_{-1} 的特点是定性。对于风险而言, 追求精确既不切实际(概率值和危害都很难精确测量)又无必要, 因为管理者只需定性知道风险有或无、大或小(实际感知是定性的)。因此, μ_{-1} 与实际感知更吻合, 且易于取值, 更有可行性。就可能性的实际感知而言, 0, 1 表示有没有可能之分界, 2 表示情况很紧迫; 就有责的实际感知而言, 0, 1 表示无责或有责, 2 表示直接、过错责任。

(3) μ_{-2} 强调纯客观性, 认为风险大小是客观数值, 与人的主观感知无关; μ_{-1} 综合了风险的客观性和人的实际感知, 与实际情况一致。例如事件“隧道暴雨, 排水设施堵塞, 雨水涌入车道, 未造成交通事故”, 一线管理者一般认为该类事件损害为“严重”、责任为“重责”, 风险值很大(尽管未发生事故); 上级领导则认为该事件并未造成严重后果且完全是一线管理者失职, 其损害为“一般”、责任为“轻责”甚至为“无责”(上级尽到了监管职责)。因此, μ_{-1} 反映了风险的相对性, 同一事件对不同层级管理者, 其风险值是不同的。而且 μ_{-1} 揭示了风险大小与管理者尽责程度的紧密联系, 管理者尽责程度越强, 与其相关的风险就越小, 因此无论决策层还是一线岗位, 每个岗位均应进行经常性评价, 以完善自身对职责相关风险的尽责态度、能力和行为。

(4) 公路管养经常面临“养护工程是否有必要尽快实施、是否要马上采取某项措施”这类决策问题。就养护工程实施时机而言, 其上限是预防性养护, 最为经济; 下限就是风险决策, 即风险已大到必须采取措施消除或控制。 μ_{-1} 基于实际感知的特点使之有助于风险决策。相较于一线管理者, 决策层对设施实际情况的掌握难免滞后, 也很难全面, 故对风险的实际感知往往滞后和偏差(多为偏小)。为此, 一线管理者有责任站在决策层角度对某风险的 μ_{-1} 进行跟踪, 及时提供 μ_{-1} 的变化趋势, 便于决策层把握时机。

3 事故的条件概率

风险管控就是通过对风险因素的预控来避免事故。上节将事件等价于因素的笛卡尔积。本节通过条件概率理论,将因素作为事件的条件来表达两者的紧密联系。

以公路交通事故为例。该事件的条件,即交通安全影响因素 C ,需构成事故样本空间 Ω 的一个划分。事故样本空间 Ω 的构造为:将公路划分为 n 个区段 Δl ,每个区段下个 Δt 发生某类事故 A 。对于公路交通事故,交通安全影响因素 C 又可细分为“道路、道路安全设施、车辆、人”^[1]等事故致因。

利用条件概率公式,可得到某条件 C 下事故 A 的概率为:

$$P(A|C) = P(AC) / P(C) \quad (2)$$

式中: $P(A|C) \propto 1/P(C)$,反映出某条件 C 下事故 A 的发生概率与出现概率成反比,即条件越意外越危险。

公路交通事故 A 的全概率公式表达式为:

$$P(A) = \sum_{i=1}^k P(C_i)P(A|C_i) + \sum_{i=k+1}^n P(C_i)P(A|C_i) = \sum_{i=1}^k P(C_i)P(A|C_i) + P^* \quad (3)$$

由式(3)可知,影响事故 A 的全部条件都占一定份额,且其占比受条件本身概率和该条件下事故 A 发生概率的共同影响。在风险管控中,应列出全部条件并按影响程度排列,以消除事故致因。

此外, $1 \sim k$ 为与公路方有关的事故致因,如“道路”、“交安设施”包含的条件;条件 $k+1 \sim n$ 在公路方权限之外,如人的疲劳驾驶、违法违章等。作为附加项, P^* 为公路方之外条件所占的概率之和。式(3)为主项和附加项之和,主项是公路管理方的职责,目标是使主项趋于 0。

公路交通事故的贝叶斯公式表达式为:

$$P(C_i|A) = \frac{P(C_i)P(A|C_i)}{\sum_{i=1}^n P(C_i)P(A|C_i)} \quad (4)$$

式(4)表述的是事故发生后,推断哪些是事故主因。其中, $P(C_i|A) \propto P(C_i)$, $P(C_i|A) \propto P(A|C_i)$,表明某条件下造成事故的可能性(即后验概率)与出现概率(先验概率)、事故概率成正比。由此说明,要尽量多掌握事故过程信息,以便排除不可能出现的条件,在可能的条件中用贝叶斯公式进一步缩小范围。

可将紧急情况定义为多个事故致因同时或短时间内连续出现,此时事故条件概率表达式为:

$$P(A|(C_1, C_2, \dots, C_n)) = \frac{P(A(C_1, C_2, \dots, C_n))}{P(C_1, C_2, \dots, C_n)} = \frac{P(A(C_1, C_2, \dots, C_n))}{P(C_1)P(C_2) \dots P(C_n)} \quad (5)$$

式(5)表示紧急情况,其特征是在很短的 Δt 及 Δl_i 中,同时或连续出现多个事故致因 C_1, C_2, \dots, C_n ,且这些条件相互独立。

式(5)表示,紧急情况下每多出现一个条件 C_i ,事故概率将放大 $1/P(C_i)$ 倍,与此同时对驾驶员的反应和操作的要求不断提高。

式(5)描述了事故紧急情况的细节,可推广到公路应急情况。当应急条件连续出现时,只有具备与之成比例增加的应急能力,才能正确应对。

4 结 语

本文将公路运行风险按专业和存在状态划分为 2 大类,并将隐患与风险紧密衔接起来,提出了发现新风险的“假定要素或环节异常法”;探索了基于管理者实际感知的风险评估方法,指出了风险度量作为模糊集隶属函数的实质;同时通过条件概率将事故与条件结合起来,从全概率公式、贝叶斯公式、紧急情况表达式等得出了风险管控的总体方法。

参考文献:

[1] 肖敏敏,苗聪.道路交通安全工程[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com