

文章编号:0451-0712(2006)11-0036-03

中图分类号:U418.6

文献标识码:B

高速公路路面使用性能突变评价方法研究

马士宾^{1,2}, 薛文², 王玲², 陈亮²

(1. 长安大学公路学院 西安市 710064; 2. 河北工业大学 天津市 300132)

摘 要: 评价路网中各路段的使用性能,根据路面使用状况制定养护计划,才能充分利用有限的养护资金,取得最佳养护效果。针对路面使用性能综合评价的复杂性,利用突变级数的基本思想和突变系统常用类型中的蝴蝶突变,建立了高速公路路面的使用性能评价模型。最后以四川省 5 条高速公路的路面性能评价为例,按其使用性能进行了排序,验证了该评价方法的合理性,为路面性能评价和养护决策提供了一种新方法。

关键词: 高速公路;路面性能;突变论;综合评价

路面使用性能评价就是利用调查的路况数据,对路面所处的状况进行判断,然后在此基础上做出养护决策。它是路面管理系统的重要组成部分。从目前国内路面使用性能评价方法来看,比较成熟的主要有 4 类^[1]。(1)回归模型法。它以大量实测数据为基础,但是单纯的回归分析难以准确表达路面评价主观与客观之间的复杂关系,评价结果与实测数据的相关性不太理想,而且使用时受到地域条件的限制。(2)系统分析评价方法。以层次分析法和模糊数学方法为代表,分析过程层次清晰,理论性强。但在这两种方法中,都要用到专家调查评分,人为因素影响太重,客观性不强,难以得出客观公正的路况评价。(3)灰色理论综合评价。这类方法较好地解决了路面使用性能评价中评价指标复杂、模糊的问题,但其白化权函数、评价指标的阈值以及灰聚类系数都需要依靠各指标的经验范围来确定,也存在着一定主观性。且其评价结果是各个指标聚类分析的总和,当评价结果的各个聚类相差不大时,难以取舍。(4)其他的一些路面使用性能评价方法。如属性理论法、神经网络法^[2]等,类似于灰色理论法,属性方法计算比较繁琐,神经网络方法则由于 BP 网络本身存在的收敛慢、易于局部收敛的缺陷,建模比较困难。

另外,评价指标权重选取是否科学,直接决定了综合评价结果的准确性。而这些评价方法在进行计算时,一般均采用路面养护规范中所列出的各评价指标的权重进行常权评价,即无论评价指标的指标

值如何变化,指标的权重是不变的。对于路面性能整体而言,当其中某个重要指标特别危险时,无论采用何种评价方法,都有可能被其他指标中和,这样在实际情况中就不能突出问题的严重程度,使评价系统的危险度降低,失去评价的客观公正性。当然,在评价时可以采用变权,也就是权重在不同的条件下取不同的值,即随评价指标的指标值不同而改变,但变权的采用使评价过程更为复杂,其应用受到一定的局限性。如何对高速公路路网中各路段的路面使用性能进行评价,按其使用性能进行科学的排序,是目前公路养护人员面临的重要问题之一。

为此,本文提出基于突变论的路面使用性能综合评价模型,在评价过程中无需人为地确定权重,只需对各个评价要素按重要程度进行排序,评价时定量与定性相结合。该模型具有计算简单、易于理解、可操作性强等特点,评价结果和实际情况也更加接近,可以作为道路管理者进行养护决策的依据。

1 突变评价理论的基本原理^[3]

突变理论是法国数学家雷内托姆(Rene Thom)于 1972 年创立的、一门研究系统状态变量的特征关于控制变量的依从关系的数学学科,它通过对系统势函数分类临界点附近的状态变化特征的研究,归纳出若干初等突变模型,并以模型(系统)的势函数为基础,探索自然和社会中的突变现象。

对于突变模型(系统)的势函数 $f(x)$,它的所有

临界点集成一平衡曲面。通过对 $f(x)$ 求一阶导数,并令 $f(x)'=0$,即可得到该平衡曲面方程。该平衡曲面的奇点集可以通过二阶导数 $f(x)''=0$ 求得。由 $f(x)'=0$ 和 $f(x)''=0$,可得到由状态变量表示的反映状态变量与各控制变量之间关系的分解形式的分歧方程。通过分解形式的分歧方程可导出归一公式。归一公式将系统内部各控制变量不同的质态归化为可比较的同一种质态,它是利用突变理论进行综合分析评判的基本运算公式。利用归一公式,对系统进行量化递归运算,求出表示系统状态特征的系统总突变隶属函数值,作为综合评价(方案优选)的依据。

2 突变系统归一公式及相应原则

利用突变理论进行综合评价时,较常用的3种突变模型的归一公式见式(1)~式(3),其中 x 为状态变量, a, b, c, d 为控制变量。系统示意图如图1所示。在示意图中,一般将主要控制变量写在前面,次要变量写在后面。

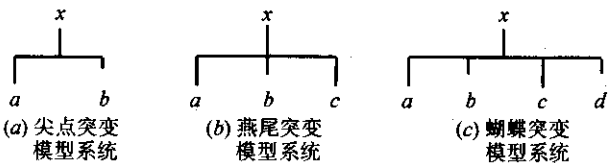


图1 常用的突变模型示意

尖点突变模型归一公式:

$$x_a = a^{1/2}, x_b = b^{1/3} \quad (1)$$

燕尾突变模型归一公式:

$$x_a = a^{1/2}, x_b = b^{1/3}, x_c = c^{1/4} \quad (2)$$

蝴蝶突变模型归一公式:

$$x_a = a^{1/2}, x_b = b^{1/3}, x_c = c^{1/4}, x_d = d^{1/5} \quad (3)$$

由归一公式将系统内各控制变量不同的质态化为同一质态,即化为状态变量表示的质态。在归一公式中, x 及各控制变量皆取0~1范围的数值。因此,归一公式又称为突变模糊隶属函数法或突变级数法。0~1范围的数可取为概率、效用函数、模糊隶属函数等,获取方法类同。

突变级数法规定,必须遵守“越大越好”的准则,模型体系方可用归一公式计算。如果 n 个控制变量的矛盾关系是均衡的,则求得的状态变量 x 的值为 n 个控制变量级数之和除以 n 。而不用归一公式, x 的结果仍为0~1之间的数值,仍可在模型中继续进行归一计算。

利用突变理论进行模糊综合分析评价时,若同一系统各控制变量(指标)之间不存在明显的相互关联作用,按归一公式计算系统状态变量 x 时,应采用“大中取小”的“非互补”原则。若同一系统各控制变量(指标)之间存在明显的相互关联作用时,则遵循“互补”的原则,即取其平均数代替。在最后进行比较时要采用“小中取大”的原则,即对评价对象按总评价指标的得分大小排序。

3 高速公路路面使用性能评价体系

高速公路路面使用性能评价涉及面广,各种评价指标都有不同的工程背景和计算方法,在不同的路段和养护对策情况下其重要性和影响作用也不相同,不利于进行路面使用性能的综合评价。因此,在遵循定性分析和定量分析相结合原则的基础上,需要有一个综合评价指标。针对我国高速公路路面特征和主要病害类型,参照我国高速公路路面使用性能评价体系,选用道路行驶质量指数 RQI 、路面结构强度指数 $PSSI$ 、路面状况指数 PCI 、抗滑性能指数 SRI 等4项评价指标,与此相对应的路面检测数据指标分别为国际平整度指数 IRI 、路面弯沉、路面破损率(沥青混凝土路面)或路面坏板率(水泥混凝土路面) DR 以及路面横向力系数 SFC 。因此,评价因素集为 $I = I\{I_1, I_2, I_3, I_4\} = \{RQI, PSSI, PCI, SRI\}$ 。高速公路路面使用性能评价体系见图2。

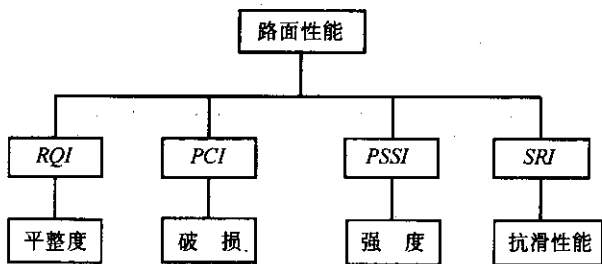


图2 高速公路路面使用性能评价体系

4 应用实例

突变评价法是一种新的综合评价方法。在一种新的评价方法出现时,人们普遍关心的是这种评价方法的评价结果是否可靠,是否具有实用价值。为此,本文采用文献[4]中所给出的实例,利用突变方法对2003年四川省5条高速公路沥青混凝土路面状况检测数据(均为1 km)进行路面使用性能综合评价。其路面使用性能检测基础数据和计算数据分

别见表 1、表 2。

表 1 路面使用性能检测数据^[4]

路段	指 标					
	IRI	SSI	DR/%	SFC	δ/mm	D/mm
A	2.12	1.32	3.45	48	1.27	6
B	3.97	1.21	6.17	46	2.37	8
C	2.37	1.35	4.83	46	1.42	7.5
D	4.93	1.22	8.08	47	2.93	9.5
E	2.98	1.34	4.18	48	1.78	9

表 2 路面使用性能计算数据^[4]

路段	指 标			
	PCI	RQI	PSSI	SRI
A	75.1	95.5	98.4	81.1
B	68.4	90.5	97.1	76.9
C	71.4	95.0	98.6	76.9
D	64.7	86.2	97.3	79.1
E	73.0	93.6	98.5	81.1

首先对表 2 中各指标原始数值进行无量纲化处理,转换为 0~1 的突变级数。对于越大越好指标,转换选用模型为 $\lambda=x/x_{\max}$ 。对于越小越好指标,转换选用模型为 $\lambda=x_{\min}/x$ 。其中 x_{\max} 为同一指标列最大值, x_{\min} 为同一指标列最小值, x 为实值。处理结果如表 3 所示。

表 3 路面使用性能突变级数

路段	指 标			
	PCI	RQI	PSSI	SRI
A	1.000	1.000	0.998	1.000
B	0.911	0.948	0.985	0.948
C	0.951	0.995	1.000	0.948
D	0.862	0.903	0.987	0.975
E	0.972	0.980	0.999	1.000

现以路段 A 路面性能评价为例进行计算。
因路面使用性能评价为蝴蝶突变模型,由归一公式得到突变级数数值为: $x_{a1}=a_1^{1/2}=1.0$, $x_{b1}=b_1^{1/3}=1.0$, $x_{c1}=c_1^{1/4}=0.999$, $x_{d1}=d_1^{1/5}=1.0$ 。
同理,其他路段的路面性能综合评价也利用蝴蝶突变模型归一公式,计算出路用性能指标相应的

突变级数值,并根据“互补”原则,分别计算出总突变隶属函数值,计算结果见表 4。

表 4 评价计算结果

路段	$x_a=a^{1/2}$	$x_b=b^{1/3}$	$x_c=c^{1/4}$	$x_d=d^{1/5}$	评价得分	评价结果排序
A	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	①
B	0.954	0.982	0.996	0.989	0.980	④
C	0.975	0.998	1.000	0.989	0.991	③
D	0.928	0.967	0.997	0.995	0.972	⑤
E	0.986	0.993	1.000	1.000	0.995	②

从表 4 中可以看出,各路段路面使用性能的综合评价结果为 $A>E>C>B>D$ 。与采用属性综合评价模型计算的结果比较,两者的评价结果完全一致。从而表明,突变评价法的评价结果是可靠的,而且计算过程简单、易行。

5 结语

路面养护管理决策的恰当与否,在很大程度上取决于路面检测数据的真实有效和路面使用性能评价的准确性。随着现代检测技术的不断发展和进步,路面检测自动化程度的提高,大大提高了检测精度和工作效率,提高了对测试数据的处理效率,因此路面使用性能评价工作显得越发重要。

突变评价法作为一种新的综合评价方法,汲取了层次分析法与模糊评价法的优点,避免了多目标分析决策时指定各因素权重的主观性。该方法简单、实用,特别是将其应用于路网中各路段路面使用性能排序时更有其优越性。

参考文献:

[1] 熊辉,史其信,藩先榜. 路面管理理论与方法的研究进展及其趋势[J]. 土木工程学报, 2004,37(1).
[2] 胡霞光,王秉纲. 两种基于遗传算法的路面性能综合评价方法[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2002,(2).
[3] 王谷新建,柴红保. 应用突变评价理论选择采矿方法[J]. 中国安全科学学报,2004,14(7).
[4] 喻翔,毛敏,彭其渊. 高速公路路面使用性能评价的一种方法[J]. 公路交通科技,2005,(12).