

文章编号: 1008-1542(2008)03-0246-04

广义模糊综合安全评价模型及其在铁路桥梁评价中的应用

毛建伟

(石家庄铁道学院土木工程分院, 河北石家庄 050043)

摘要: 通过对模糊综合评价的研究及其在安全评价中的应用, 总结并建立了广义模糊综合安全评价模型。该模型通过对影响评价系统的因素进行分类、整理, 并分配其权重, 对每个因素进行打分, 将模糊的安全信息定量化, 然后通过模糊数学的方法计算出系统的得分, 从而对系统的安全状态进行评价, 并应用该模型对某铁路桥梁进行了安全现状评价。

关键词: 模糊综合评价; 安全评价; 模型; 铁路桥梁

中图分类号: X913.4 文献标识码: A

Generalized fuzzy comprehensive safety evaluation model and its application to railway bridge

MAO Jian-wei

(School of Civil Engineering, Shijiazhuang Railway Institute, Shijiazhuang Hebei 050043, China)

Abstract: Based on the summary of the study on the fuzzy comprehensive evaluation and its application in security evaluation, the paper establishes generalized fuzzy comprehensive safety evaluation model. Through factors classification, collating, weight distribution, factors scoring, quantification of the fuzzy security information, and finally the calculation of the system scores by using fuzzy math, the model conducts evaluation on the safety state of the system. The model is used in a railway bridge's safety evaluation.

Key words: fuzzy comprehensive evaluation; safety assessment; model; railway bridge

安全评价主要是对引起事故的有害因素进行识别和分析, 判断事故发生的可能性及其造成危害的大小, 为制定安全措施提供依据。但是由于对系统进行安全评价时, 要评价的系统通常条件下是多种因素共同作用, 综合评估困难, 且大多数的评价方法得到的评价结果主观性较大, 使得评价结果令人信服的程度不高。而在安全评价中引入模糊数学的方法, 将模糊的安全信息定量化, 从而对多因素进行定量评价, 可有效减少人的主观因素, 使得评价结果更客观^[1]。文献[2]中李树清等利用模糊综合评价方法, 对石化生产装置进行了安全现状评价, 文献[3]中易俊等采取二阶模糊评价方法对某油库做的安全评价, 都取得了良好的效果。笔者通过对模糊综合评价及其在安全评价中应用的研究, 同时利用模糊数学中广义模糊算子 \cdot^* 和 $^+$ 改进评判模型 $M_i(\wedge, \vee)$ 的思想^[4], 建立了广义模糊综合安全评价模型。以下是该模型的建立过程及其在铁路桥梁安全现状评价中的一个应用。

收稿日期: 2008-03-25; 责任编辑: 张 军

作者简介: 毛建伟(1986), 男, 河北唐山人, 硕士研究生, 主要从事安全工程方面的研究。

1 模型的建立

1.1 建立因素集

将系统中影响评价的各种因素为元素组成集合, 用 U 表示: $U = \{u_1, \dots, u_i, \dots, u_n\}$, 各元素 $u_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 即代表各影响因素, 通常都具有不同程度的模糊性。

1.2 建立权重集

一般而言, 各因素对系统影响程度是不同的, 为了反映各因素的重要程度, 对各因素赋予相应的权数 a_i 。由各权数所组成集合 $A = \{a_1, \dots, a_i, \dots, a_n\}$, A 称为因素的权重集。

权重数 a_i 应满足归一性和非负性条件 $\sum_{i=1}^n a_i = 1$ 且 $a_i \geq 0$ 。

1.3 建立评判集

评判集是评判者对评判对象可能做出的各种总的评判结果所组成的集合 $V = \{v_1, \dots, v_j, \dots, v_m\}$ 。

1.4 对单因素的模糊评价

对因素集 U 中第 i 个因素 u_i 进行评判, 评判集 V 中第 j 个元素 v_j 的隶属度为 r_{ij} , 则按第 i 个因素 u_i 的评判结果, 可得模糊集合: $r_i = (r_{i1}, \dots, r_{ij}, \dots, r_{im})$ 。由此可得每个因素的单因素评判集, 从而组成评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix}。$$

1.5 模糊综合评价

由于在某些情况下, 常规的 \wedge 和 \vee 运算要失掉许多信息, 这时的模型应当是改进的。因此, 用广义模糊算子 \cdot^+ 和 \oplus 改进评判模型 $M_i(\wedge, \vee)$ 得到 $M_i(\cdot^+, \oplus)$, 其中 \cdot^+ 应满足条件, 1) 可换性: $a^+ \cdot b = b^+ \cdot a$; 2) 结合性: $(a^+ \cdot b)^+ \cdot c = a^+ \cdot (b^+ \cdot c)$; 3) 两极性: $a^+ \cdot 0 = 0, a^+ \cdot 1 = a$ 。且 \oplus 满足上述 1)、2) 且将 3) 改为 3') 两极性: $a^+ \cdot 0 = a, a^+ \cdot 1 = 1$ 。从而由改进的评判模型得出评判向量 $B_i = A_i \cdot^+ R_i = (b_1, \dots, b_j, \dots, b_m)$ 。其中 $b_j = (a_1^+ \cdot^+ r_{1j})^+ \cdot^+ (a_2^+ \cdot^+ r_{2j})^+ \dots \cdot^+ (a_n^+ \cdot^+ r_{nj})^+, j = 1, 2, \dots, m$ 。

对系统安全评价, 有时只考虑单因素最优; 有时突出主要因素但也兼顾其他; 有时只求总和最大。这些情况通过不同的算子表现, 根据需要进行选择。

$M_i(\wedge, \vee)$ 为主因素决定型, 此时 $b_j = \bigvee_{i=1}^n (a_i \wedge r_{ij}), j = 1, 2, \dots, m$ 。

$M_i(\cdot, \vee)$ 和 $M_i(\wedge, \oplus)$ 为主因素突出型, 此时分别为 $b_j = \bigvee_{i=1}^n (a_i \cdot r_{ij})$ 和 $b_j = (a_1 \wedge r_{1j}) \oplus (a_2 \wedge r_{2j}) \oplus \dots \oplus (a_n \wedge r_{nj}), j = 1, 2, \dots, m$ 。

$M_i(\cdot, \oplus)$ 为加权平均型, 此时 $b_j = (a_1 \cdot r_{1j}) \oplus (a_2 \cdot r_{2j}) \oplus \dots \oplus (a_n \cdot r_{nj}), j = 1, 2, \dots, m$ 。

其中“ \cdot ”为普通乘法运算, 而“ \oplus ”的运算形式为 $a \oplus b = \begin{cases} 1, & a + b > 1, \\ a + b, & a + b \leq 1. \end{cases}$

对各种等级都按百分制给分, 见表 1, 可求得系统的总得分 f 。

当影响系统的因素为多层次时, 首先对初级层次运用上述方法进行综合评价, 再由二级的权重和其各子集的评价结果影响因素集合总评价矩阵

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{bmatrix},$$

表 1 系统得分与安全级别对应关系

分数	95	80	65	45	30
安全级别	好	较好	中	较差	差

仍由评判向量 $B = A \cdot R$ 进行二级评价, 依次类推到多级。

2 应用

某桥为华北平原上一跨河混凝土铁路桥, 设计服役期为 80 年, 现已经服役了 30 多年。其设计合理, 主

体结构依然完好,但其相应的附属设施因检修、管理疏忽,而造成工作不正常。现在层次分析法确定的桥梁评价因素和权重的基础上应用上述的模型对其进行安全评价^[5]。

该桥的各评价因素、子因素及其各因素的权重和评价情况见表 2。

表 2 铁路桥梁安全综合评价指标权重及模糊隶属度

Tab.2 Railway bridge safety comprehensive evaluation index weights and fuzzy membership

1	2	3	4	5	6	7	8	9				
评价因素		评价子因素		权重分配		A_i	评价情况					
内容	权重分配	V_{ij}	分项评价内容				好	较好	中	较差	差	
V_1	下部结构	0.469	v_{11}	桥梁基础	0.461	$A_1 = (0.461, 0.264, 0.100, 0.175)$	R_1	0.17	0.61	0.12	0.07	0.04
			v_{12}	墩台	0.264			0.37	0.33	0.20	0.08	0.02
			v_{13}	桥渡抗水力冲刷	0.100			0.22	0.43	0.34	0.01	0
			v_{14}	支座	0.175			0.15	0.22	0.60	0.03	0
V_2	上部结构	0.357	v_{21}	梁板	0.667	$A_2 = (0.667, 0.333)$	R_2	0.55	0.18	0.19	0.08	0
			v_{22}	横向联系	0.333			0.23	0.56	0.09	0.10	0.02
V_3	桥面系	0.121	v_{31}	桥上线路	0.496	$A_3 = (0.496, 0.306, 0.074, 0.124)$	R_3	0.76	0.14	0.10	0	0
			v_{32}	伸缩缝	0.306			0.20	0.54	0.19	0.05	0.02
			v_{33}	栏杆	0.074			0.11	0.28	0.41	0.14	0.06
			v_{34}	人行道及避车台	0.124			0.12	0.17	0.38	0.31	0.02
V_4	附属设施	0.052	v_{41}	排水设备	0.667	$A_4 = (0.667, 0.333)$	R_4	0.03	0.11	0.49	0.25	0.12
			v_{42}	检查设施	0.333			0.02	0.12	0.27	0.48	0.11

由于对于混凝土铁路桥梁中各因素的权重不同,但它们对系统的评价与优化都缺一不可。因此这里采用 $M_i(\cdot, \oplus)$ 加权平均型。

由表 2 可得:

$$B_1 = A_1 * R_1 = (0.224, 0.450, 0.247, 0.060, 0.024),$$

$$B_2 = A_2 * R_2 = (0.443, 0.307, 0.157, 0.090, 0.010),$$

$$B_3 = A_3 * R_3 = (0.461, 0.276, 0.185, 0.064, 0.013),$$

$$B_4 = A_4 * R_4 = (0.027, 0.113, 0.417, 0.327, 0.117),$$

则各部分的得分为 $f_1 = 0.224 \times 95 + 0.450 \times 80 + 0.247 \times 65 + 0.060 \times 45 + 0.024 \times 30 = 76.755$, 同理, $f_2 = 81.200, f_3 = 81.170, f_4 = 56.935$ 。再进行二级评价, 权重 $A = (0.469, 0.357, 0.121, 0.052)$ 。二级矩阵为

$$R = \begin{bmatrix} 0.224 & 0.450 & 0.247 & 0.060 & 0.024 \\ 0.443 & 0.307 & 0.157 & 0.090 & 0.010 \\ 0.461 & 0.276 & 0.185 & 0.064 & 0.013 \\ 0.027 & 0.113 & 0.417 & 0.327 & 0.117 \end{bmatrix},$$

$$\text{则 } B = A * R = (0.469, 0.357, 0.121, 0.052) * \begin{bmatrix} 0.224 & 0.450 & 0.247 & 0.060 & 0.024 \\ 0.443 & 0.307 & 0.157 & 0.090 & 0.010 \\ 0.461 & 0.276 & 0.185 & 0.064 & 0.013 \\ 0.027 & 0.113 & 0.417 & 0.327 & 0.117 \end{bmatrix} = (0.320, 0.360, 0.216, 0.085, 0.022),$$

系统的总得分为 $f = 0.320 \times 95 + 0.360 \times 80 + 0.216 \times 65 + 0.085 \times 45 + 0.022 \times 30 = 77.725$ 。

通过以上的计算可知: 系统的综合评价安全级别为较好, 上部结构和桥面系略优于下部结构, 均属较好, 但其附属设施即排水设备和检查设施却得分较低, 属较差。因此, 需对其附属设施进行相应的修复, 加强管理和检修的力度。

3 结 语

当影响系统安全的因素易于划分且权重易于分配时,应用广义模糊综合安全评价模型进行安全评价简便、准确,具有一定的实用性。与单纯依靠专家个人的经验积累进行评估的其他评价方法相比,本文提出的广义模糊综合安全评价模型评价方法更为客观。但是,运用此模型对系统进行安全评价时,需对影响系统的所有因素的权重进行科学、合理的分配,而且不可避免的还是有人的主观因素存在其中,评价指标体系的评价矩阵还有待于进一步完善。

参考文献:

- [1] 张景林,崔国璋.安全系统工程[M].北京:煤炭工业出版社,2002.
- [2] 李树清,谢正文,王鹏飞.石化生产装置安全现状模糊综合评价方法研究[J].中国安全科学学报,2007,17(1):124-125.
- [3] 易俊,伍建林,史佩,等.二阶模糊安全评估方法及其在油库安全评价中的应用[J].中国安全科学学报,2007,17(6):135-139.
- [4] 李洪兴,汪群.工程模糊数学方法及应用[M].天津:天津科学技术出版社,1991.
- [5] 许湘华.层次分析法在铁路既有混凝土桥梁综合性能评价中的应用[J].常州工业大学学报,2003,32(3):88-92.

(上接第222页)

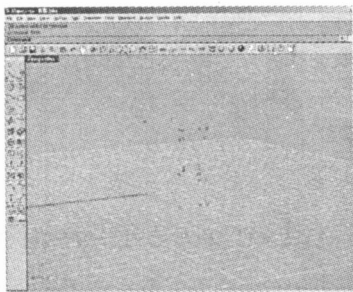


图4 导入计算出来的物体特征点点云

Fig.4 Import objects feature points that calculated

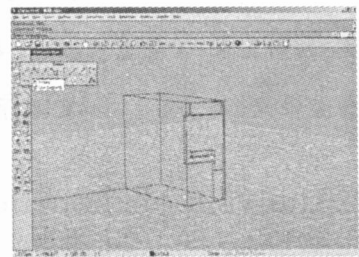


图5 由特征点生成线框模型

Fig.5 Wire-frame model generated from feature points

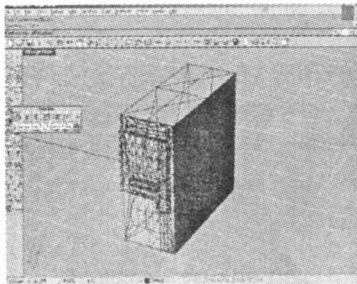


图6 面片模型(白色的点为导入的物体特征点)

Fig.6 Surface-model (white points are objects feature points)

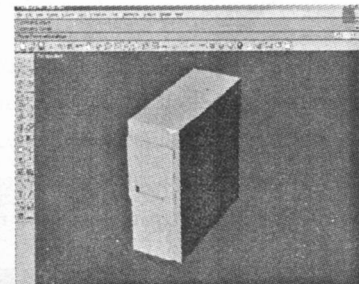


图7 经布尔运算后生成的实体模型

Fig.7 Solid model generated from the Boolean operation

笔者基于双目立体视觉成像原理,对具有真实感的反向建模技术进行了研究^[7,8],提出了一种新的三维建模方法。在T sai 两步法的基础上,同时考虑到主点坐标,一阶径向畸变系数,有效焦距等全部内外参数,对相机进行相机的线性标定,并进行特征点的三维坐标计算。最后通过实例,选用相机不同角度拍摄多幅相片,实现了由图像到物体三维实体模型的恢复。

参考文献:

- [1] 刘教民,李新福.开关电弧图像增强算法研究[J].电工技术学报,2005,20(5):20-23.
- [2] 孟晓桥,胡占义.摄像机自标定方法的研究与进展[J].自动化学报,2003,29(1):110-124.
- [3] 章毓晋.图像工程——图像理解与计算机视觉[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [4] 张颖康,李亚轩.一种多摄像机视觉系统的标定方法[J].河北科技大学学报,2008,29(1):44-47.
- [5] 刘教民,赵小英.TMS320C40实现图像高速采集与处理系统[J].河北科技大学学报,2001,22(3):1-5.
- [6] 张广军.计算机视觉[M].北京:科学出版社,2005.
- [7] ZHANG Z, PAN Z. Three-dimensional measurement with use of a single camera[J]. Appl Optics, 2004, 43(12): 2 449-2 455.
- [8] EIAN J, POPPELE R E. A single camera method for three dimensional video imaging[J]. J of Neuroscience Methods, 2002, 120(1): 65-83.