

基于模糊综合评价的建筑安全管理研究

吕景刚, 李书全

(天津财经大学理工学院, 天津 300222)

摘要:在分析建筑企业安全管理相关理论的基础上,从管理者的视角构建了建筑企业安全管理评价指标体系.通过介绍建筑安全评价指标的内容和关系,以与最优和最劣对象距离之和最小为目标,运用遗传算法确定了指标权重,用模糊隶属赋值方法确定了隶属度,进而对建筑企业安全管理状况做出模糊综合评价,最后以天津市建筑企业为实例加以说明并进行了比较分析.

关键词:建筑安全管理;模糊综合评价;遗传算法;事故因果连锁理论

中图分类号:TU714

文献标志码:A

文章编号:1006-7930(2011)06-0887-05

对建筑安全工作绩效进行科学、客观的评估,有利于改善和提高建筑企业安全管理水平,充分激发职工工作的积极性、主动性和创造性,最大限度地控制和减少安全事故的发生,促进建筑项目的顺利实现.而要实现上述目的,就必须构建一套科学、合理、系统的指标体系^[1].

1 安全管理相关理论回顾

随着科学技术的发展,人们对安全事故原因的认识也不断深入,国内外有代表性的有事故倾向性理论、事故因果连锁理论、能量意外转移理论和综合因素理论等.

事故因果连锁理论(accident causation sequence theory)由海因里希提出.海因里希认为人的不安全行为是事故发生的主要原因.在海因里希研究的基础上,博德提^[2]提出安全管理者应该懂得管理的基本理论和原则,懂得计划、组织、指导、协调及控制是安全管理工作的核心.此后亚当斯又指出操作者的不安全行为及生产作业中的不安全状态等现场失误跟企业领导者及安全工作人员的失误有关^[3].而综合因素理论认为^[4],建筑安全事故的发生是多因素综合作用的结果.根据导致建筑安全事故发生原因的直接性和间接性,可以把建筑安全事故发生的原因分为物质技术的(物的不安全状态)和人为的(人的不安全行为)两个方面.所谓人的原因,是指由于人的不安全行为导致在生产过程中发生的各类安全事故.物的原因是指物的不安全状态.这里的物是指生产过程中发挥一定作用的机械、物料、生产对象以及其他生产要素.人的不安全行为和物的不安全状态是事故发生的直接原因.而间接原因一般指管理上的缺陷.管理缺陷与不安全状态的结合,就构成了事故隐患.当事故隐患形成并偶然被人的不安全行为触发时,就必然发生事故.

但建筑安全事故很少是不可避免的偶然事件^[5],造成事故的真正因素可以归结为管理方面的失误.因为人的不安全行为可以通过安全教育、安全生产责任制以及安全奖罚机制等措施减少甚至杜绝.物的不安全状态可以通过提高安全生产的科技含量、建立完善的设备保养制度、推行文明施工和安全达标等活动予以控制.例如对作业现场加强安全检查,就可以发现并制止人的不安全行为和物的不安全状态,从而避免事故的发生^[6].

本文尝试从管理角度构建评价体系以进行建筑安全的管理与控制,并试图通过对建筑安全评价指标体系的设计和建筑企业的评价丰富建筑企业安全评价研究.

收稿日期:2010-12-10 修改稿日期:2011-05-06

基金项目:天津市哲学社会科学研究规划资助项目(TJGL08-010)(重点)

作者简介:吕景刚(1977-),男,山东烟台人,博士研究生,研究方向为信息技术和工程管理.

2 建筑企业安全管理评价指标体系设计

通过对安全管理评价要素的系统分析,笔者将建筑安全评价分为 6 大方面,2 个层次,22 个评价指标,其层次结构如表 1 所示.

表 1 建筑企业安全管理评价指标体系
Tab.1 Security management evaluation index system of the building enterprise

Policy elements (B1)	Senior management support and commitment(B11)
	The security policy easy to understand and operate(B12)
	Clear safety management objectives(B13)
	Adequate resources ,operation and maintenance of the safety management system(B14)
Planning elements (B2)	Implementation of risk assessment and safety control solutions(B21)
	Strict construction standards and reasonable work schedule(B22)
	Perfect safety management systems and procedures(B23)
	Emergency— response plan, emergency facilities and other hardware with conditions(B24)
Organizational elements (B3)	Clear responsibility for safety(B31)
	The establishment of safety management agency(B32)
	Equipped with strong security management(B33)
	Employees involved in safety activities to give incentives(B34)
Implementation elements (B4)	Regular maintenance of machinery and equipment, security facilities(B41)
	After safety training for workers with competence(B42)
	Encourage employees to report the incident has yet to issue and track safety management deficiencies(B43)
	Good supply of sub— sectors and sector management(B44)
Control elements (B5)	Set safety performance indexes and appraisal(B51)
	Safety accident control(B52)
	Safety management meetings held regularly(B53)
Cultural elements (B6)	Security for the organization's core values(B61)
	Employees willing to share safety knowledge and experience(B62)
	Employee commitment and active(B63)

各指标的具体内容和关系可以阐述如下：

政策要素(Policy elements)可以解释为企业高层的重视和支持有助于安全管理整体目标的实现,通过明确订立安全政策能使建筑企业有具体的管理方向.

规划要素(Planning elements)为采用详细、系统化的方式落实安全管理政策,明晰建筑项目的施工过程和具体产出,使施工安全管理可以考核和评比.

组织要素(Organizational elements)为建立机构,落实责任以确保计划得以有效执行.

执行要素(Implementation elements)包括训练、沟通、设备管理和控制等内容,使组织成员能承诺并正确地执行每个施工过程.

控制要素(Control elements)为制定绩效指标并采取措施矫正安全管理隐患并从查出的安全隐患中汲取教训.

文化要素(Cultural elements)为充分调动员工的积极性和创造性,使安全生产成为员工的自身需要.企业要使安全文化成为企业核心价值的一部分.

政策要素使建筑企业有具体的管理方向,规划要素、组织要素、执行要素和控制要素确保了安全政策的落实.而安全文化建设能给建筑企业的安全管理工作注入文化动力并构筑和谐的人文环境.

3 建筑安全管理的模糊综合评判

模糊评价是利用模糊数学的基本理论—隶属度来将模糊信息定量化,再利用传统数学方法对多因

素进行评价并得出结论的一种方法。

3.1 隶属度的确定

为了便于计算,这里采用模糊数学中模糊隶属赋值方法对调查数据进行处理。由于采用的是模糊隶属赋值方法,转化过程可以理解为隶属度矩阵获得过程。评价指标体系中指标的转化可以采用如下的转化模型。

$$R_{ij} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi [2X_{ij} - (X_j^{\max} + X_j^{\min})]}{2(X_j^{\max} - X_j^{\min})} \quad (X_j^{\min} < X_{ij} < X_j^{\max}) \quad (1)$$

式中: R_{ij} 为第 i 个企业第 j 项指标评价值; X_{ij} 为第 i 个企业第 j 项指标评价数值; X_j^{\max} , X_j^{\min} 为各项指标的最大值、最小值。

3.2 指标权重的确定

在权重的确定上,传统做法有主观赋权法、AHP法和德尔菲法等。这些做法主观随意性大,有时很难得到相关专家的认同。本文在确定权重中应用客观赋权法^[7],以与最优和最劣对象距离之和达到最小为目标来确定指标的权重,运用遗传算法(GA)^[8]实现评价指标权重的智能化确定。将遗传算法用于建筑企业安全评价指标权重的确定可以有效地利用数据,避免人为因素的干扰,克服了主观判断上的个人偏好,使决策更加科学,结果可靠性也高。

设最优对象为 $G = (1, 1, \Lambda, 1)^T$, 最劣对象为 $H = (0, 0, \Lambda, 0)^T$, 目标即为:

$$\begin{aligned} \min f(w) &= \sum_{j=1}^n f_j(w) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m w_i^2 [(1 - R_{ij})^2 + R_{ij}^2] \\ \text{s. t. } &\sum_{i=1}^n w_i = 1; \quad w_i \geq 0, i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (2)$$

其中 n 为隶属度个数, m 为指标个数, w_i 为第 i 个因素所对应的权重。

采用遗传算法确定权重的主要做法是从二级指标开始,由3.1的隶属度,依据以上优化目标确定二级指标权重,据此对一级指标做出评价,再根据评价结果确定一级指标权重,据此对评价目标做出评价,此过程也就是多层模糊综合评价过程。

3.3 多层模糊综合评判模型

通过以上计算求得隶属度矩阵和权重,运用模糊综合评价数学模型进行多层模糊评价,下一层评价是上一层评价的基础,逐步完成总的评价过程。模糊综合评判的多因素评判矩阵数学模型为:

$$B = w \circ R = (b_1, b_2, \dots, b_n) = (w_1, w_2, \dots, w_n) \circ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \Lambda & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \Lambda & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中“ \circ ”表示模糊运算符。通常视问题的性质不同,可选用不同的算子。而对此运算符的定义不同,则对应不同的模糊综合评价模型。这里采用综合评价效果最佳的模型进行评价,即同时考虑各种因素的综合评价模型 $M(\wedge, \oplus)$, 式中“ \wedge ”代表实数乘法,“ \oplus ”代表有上界求和。

4 建筑安全管理的综合评价

4.1 调查数据

在天津市选取6家建筑企业进行安全综合评价。对所选取的每个建筑企业分别进行检查评分,汇总每一个企业的各要素评分值如表2所示。其中:85~100表示安全管理状况良好,70~84表示安全管理状况一般并需要改进,60~69表示安全管理存在隐患并需检查整顿。

表 2 建筑企业各要素的评分值

Tab. 2 The scores for each factor of building enterprise

Index	Company 1	Company 2	Company 3	Company 4	Company 5	Company 6
B11	95	92	94	93	93	91
B12	98	88	91	96	92	86
B13	92	88	94	90	96	89
B14	99	84	87	96	91	75
B21	91	84	93	90	92	88
B22	95	82	95	94	92	66
B23	93	89	94	93	92	89
B24	92	77	88	95	84	73
B31	92	88	89	90	91	83
B32	94	93	92	95	91	90
B33	96	77	87	94	91	86
B34	98	74	88	94	86	67
B41	91	86	90	93	91	88
B42	89	66	90	94	93	68
B43	93	74	87	96	90	71
B44	96	86	89	93	97	87
B51	98	87	93	99	96	88
B52	91	76	83	90	88	60
B53	92	79	84	95	89	75
B61	91	65	77	84	75	71
B62	92	77	86	84	82	75
B63	98	63	90	97	84	65

4.2 一级综合评价

根据以上计算方法,对数据进行转化,计算隶属度,再根据权重的确定方法,运用遗传算法优化计算得到权重.以政策要素为例,由调查数据求政策要素下 4 个指标的隶属度矩阵:

$$R_{p_0} = \begin{bmatrix} 1.000\ 0 & 0.146\ 4 & 0.853\ 6 & 0.500\ 0 & 0.500\ 0 & 0.000\ 0 \\ 1.000\ 0 & 0.067\ 0 & 0.370\ 6 & 0.933\ 0 & 0.500\ 0 & 0.000\ 0 \\ 0.500\ 0 & 0.000\ 0 & 0.853\ 6 & 0.146\ 4 & 1.000\ 0 & 0.038\ 1 \\ 1.000\ 0 & 0.308\ 7 & 0.500\ 0 & 0.961\ 9 & 0.750\ 0 & 0.000\ 0 \end{bmatrix}$$

由此矩阵根据与最优和最劣对象距离之和达到最小为目标,运用遗传算法计算确定指标权重,权重向量如下: $W_{p_0} = (0.264\ 5\ 0.247\ 2\ 0.237\ 8\ 0.250\ 5)$. 则可求得政策要素的综合评价结果如下: $B_{p_0} = (0.881\ 1\ 0.132\ 6\ 0.645\ 6\ 0.638\ 7\ 0.681\ 5\ 0.009\ 1)$.

重复上述过程并将一级综合评价结果统计如表 3.

表 3 一级综合评价结果

Tab. 3 Results of the first class comprehensive evaluation

First class evaluation	Company 1	Company 2	Company 3	Company 4	Company 5	Company 6
Policy elements	0.881 1	0.132 6	0.645 6	0.638 7	0.681 5	0.009 1
Planning elements	0.934 7	0.161 9	0.943 3	0.910 1	0.777 5	0.108 7
Organizational elements	0.974 8	0.345 1	0.593 5	0.954 8	0.635 9	0.116 9
Implementation elements	0.916 0	0.008 5	0.604 4	0.927 6	0.913 3	0.060 9
Control elements	0.975 6	0.204 6	0.585 5	0.999 2	0.873 3	0.005 6
Cultural elements	1.000 0	0.011 7	0.670 3	0.782 9	0.437 2	0.046 4

4.3 对评价目标的综合评价

在一级评价的基础上,运用与一级综合评价相同的方法计算,得到权重向量为: $w = (0.182\ 3\ 0.162\ 9\ 0.178\ 0\ 0.153\ 4\ 0.158\ 0\ 0.165\ 4)$. 最终的建筑安全管理评价结果为: $B = (0.945\ 9\ 0.144\ 8\ 0.678\ 4\ 0.863\ 6\ 0.716\ 6\ 0.058\ 0)$.

由评价结果可知,建筑安全管理状况由好到差的排序为:企业 1、企业 4、企业 5、企业 3、企业 2、企业 6.

5 建筑安全评价的比较分析

从上述数据和评价结果来看,企业 1 和企业 4 安全管理工作扎实细致,企业内事故隐患较少,这无疑得益于企业管理部门的重视和推动.企业 3 和企业 5 重视安全生产,但在某些要素上相对落后,这说明两企业仍存在不足之处.因此两企业应加大对薄弱环节的重点管理,以期带动安全管理水平的提高.企业 2 和企业 6 的排序处于靠后的位置.从调查数据上看,它们在政策要素上的得分并不算低,这说明建筑企业在国家安全管理法规和社会公众舆论等因素的约束下安全管理意识普遍增强.但是从其他要素指标来看,两企业的得分均较低,这说明企业 2 和企业 6 只是被动地应付安全管理,对安全施工的管理不够深入.值得注意的是企业 6 在控制和文化要素上得分较低,这说明该企业的安全管理已处于失控的边缘,因此建筑企业 6 应加强安全管理和控制并扎实细致地改善本企业的安全管理.

参考文献 References

- [1] 李成华,李慧民,云小红.基于模糊层次分析法的建筑安全管理绩效评价研究[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2009,41(2):207-212.
LI Cheng-hua, LI Hui-min, YUN Xiao-hong. Construction safety management performance evaluation based on fuzzy analytic hierarchy process [J] Xi'an Univ. of Arch. & Tech. : Natural Science Edition, 2009, 41 (2) :207-212.
- [2] 罗云,程五一.现代安全管理[M].北京:化学工业出版社,2004.
LUO Yun ,CHENG Wu-yi. Modern safety management [M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2004.
- [3] HINZE J W. Incurring the costs of injuries versus investing in safety, construction safety and health management [M]. New Jersey: Prentice Hall, 2000:23-42.
- [4] SURAJI Akhmad, DUFF A Roy, PECKITT Stephen J. Development of causal model of construction accident causation[J]. Journal of Construction Engineering and management, 2001, 127(4):337-344.
- [5] LINGARD H, ROWLINSON S. Occupational Health and safety in construction project management [M]. New York: Spon Press, 2005.
- [6] 丁传波,黄吉欣,方东平.我国建筑施工伤亡事故的致因分析和对策[J].土木工程学报,2004,37(8):77-82.
DING Chuan-bo, HUANG Ji-xin, FANG Dong-ping. The accident causation and treatment in construction industry of China[J] China Civil engineering Journal, 2004, 37(8):77-82.
- [7] 李洪兴.工程模糊数学方法及应用[M].天津:天津科学技术出版社,1991.
LI Hong-xing. Engineering fuzzy mathematics and applications [M]. Tianjin: Tianjin Science and Technology Press, 1991.
- [8] 李敏强.遗传算法的基本理论与应用[M].北京:科学出版社,2002.
LI Min-qiang. The basic theory of genetic algorithms and applications [M]. Beijing: Science Press, 2002.

Research on construction safety evaluation based on fuzzy comprehensive evaluation

LÜ Jing-gang, LI Shu-quan

(Institute of Technology, Tianjin Univ. of Finance and Economics, Tianjin 300222, China)

Abstract: Based on analyzing construction enterprise safety management relevant theory, this paper set up the evaluation index system from manager perspective. After introducing the content and relation about evaluation index system, this paper uses genetic algorithms to determine the weights under the objective of the minimum sum of to-optimal distance and to-worst distance, and adopts fuzzy valuation method to determine membership. The fuzzy comprehensive evaluation result of construction safety management is given out based on the example of Tianjin City. Finally the comparative analysis results is explained.

Key words: construction safety management; fuzzy comprehensive evaluation; genetic algorithms; accident causation sequence theory

Biography: LÜ Jing-gang, Lecturer, Candidate for Ph. D., Tianjin 300222, P. R. China, Tel: 0086-22-88186305, E-mail: jingganglv@163. com