

公路工程项目质量与安全信用评价

齐锡晶, 王俊楠, 康伟鑫

(东北大学 资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819)

摘 要: 随着经济社会的发展,公路工程建设越发迅速,针对公路工程项目质量和安全生产的研究,可有效保障公路工程的稳定发展,有较大应用价值。本文基于公路工程建设现状和信用管理进展,在辨析工程质量和安全生产概念的基础上,从施工企业角度出发,选取工程质量指标和安全生产指标,开展工程项目的全面信用评价。以建兴高速第二标段为例,融合工程质量和安全生产的评价指标,并根据专家对示例项目的打分结果,利用粗糙集筛选指标,建立示例项目的评价指标体系及中心点三角白化权函数灰色聚类评价模型,进行试算得到评价结果为“好”。最后,根据评价模型分析,并结合工程招标投标、企业资质管理等,提出提高公路工程信用等级的对策建议。

关键词: 公路工程; 工程质量; 安全生产; 灰色聚类; 信用评价

中图分类号: U411 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-0985(2020)03-0013-06

Quality and Safety Credit Evaluation of Highway Engineering Projects

QI Xi-jing, WANG Jun-nan, KANG Wei-xin

(School of Resources and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

Abstract: With the development of economy and society, the construction of highway engineering is becoming more and more rapid. The research on the quality and safety production of highway engineering projects can effectively guarantee the stable development of highway engineering and has great application value. Based on the current situation of highway engineering construction and the progress of credit management, based on the analysis of engineering quality and safety production concept, this paper selects engineering quality indicators and safety production indicators from the perspective of construction enterprises to carry out a comprehensive credit evaluation of engineering projects. Taking the second bidding section of Jianxing Expressway as an example, combining the evaluation indexes of engineering quality and safety production, and according to the scoring results of the sample projects by experts, the rough index is used to screen the indexes, and the evaluation index system of the example project and the grey clustering evaluation model of the triangular whitening weight function of the center point are established. The evaluation result is “good” through trial calculation. Finally, according to the evaluation model analysis, combined with the project bidding, enterprise qualification management and so on, the countermeasures and suggestions for improving the credit level of highway engineering are put forward.

Key words: highway engineering; engineering quality; safety production; grey clustering; credit evaluation

公路建设是经济发展的必要途径和重要基础设施。为满足经济发展的需求,自改革开放以来,

收稿日期: 2019-07-23 修回日期: 2019-10-28

作者简介: 齐锡晶(1963-),男,辽宁沈阳人,博士,教授,研究方向为工程管理(Email: qixijing63@163.com)

通讯作者: 王俊楠(1995-),男,河南驻马店人,硕士研究生,研究方向为工程管理(Email: 1173615396@qq.com)

基金项目: 辽宁省自然科学基金(20170540303)

我国公路工程发展迅速,公路里程从 1978 年的 89.02 万 km 增至 2017 年年底的 477.35 万 km。我国在大量公路工程建设的同时,伴随而来的是频发的质量和安全事故^[1]。在此背景下,评价公路工程项目信用,进行公路工程质量和安全生产监督管理,可有效提高公路工程信用等级,完善公路工程建设环境。

1 公路工程建设及信用管理的现状分析

1.1 公路工程建设现状分析

我国公路工程在成本上具有投资大、造价高的特点;在范围上具有点多、线广、面长的特点;在环境上具有户外作业环境复杂,温差大、冬季寒冷漫长,施工养护要求高,不可控因素多等特点。我国公路工程近年建设情况见表 1。

表 1 2014~2017 年全国公路工程运输线路长度 万 km

指标	2014	2015	2016	2017
公路里程	446.39	457.73	469.63	477.35
高速公路	11.19	12.35	13.10	13.64

注:数据摘自《国家统计局年鉴》

我国公路工程建设数量保持稳定增长的态势,公路技术等级和路面等级不断提高,公路密度也进一步提高。高速公路建设数量近年无明显增长,公路建设和干线公路改造建设步伐加快,各级公路建设和各项公路设施进一步得到完善,公路的覆盖面已辐射到全国,其中,农村公路覆盖率明显提升。

1.2 公路工程信用管理进展

信用是市场经济的基石,信用评价体系是招标投标以及工程项目管理的必要手段。近年来,随着社会对企业信用评价意识的不断增强,对公路施工企业的信用评价被逐渐纳入到了工程招标投标的考核之中,成为反映企业综合实力的一个重要因素——企业的“第二资质”。现阶段,交通部通过建立信用信息平台,根据评价对象的履约能力和状况进行信用评价,得出评价结果,为工程招标投标以及工程项目管理提供参考依据^[2]。

随着建设与管理模式不断创新,经济社会发展对质量安全要求的不断提高,我国现有的工程项目质量与安全生产信用评价体系存在诸多问题。主要体现在信用评价市场过于开放,缺少法律法规支撑,信用评价的应用不足,信用评价标准和结果不一致,信用评价与金融信用混淆不清,教育和宣导不足,信用评价从业人才缺乏等方

面^[3]。

本文着手于公路工程项目,从施工企业角度出发,旨在建立一套以工程质量和安全生产为核心的信用评价体系。为推进公路工程项目招标投标、完善建设领域信用体系奠定理论基础并提供制度支撑。

1.3 工程质量和安全生产的区别与联系

(1) 工程质量和安全生产的内涵

工程质量是指基于国家现行的有关法律、法规、技术标准、设计和合同文件,在工程的安全性、适用性、经济性的基础上,兼顾外观设计和环境保护提出的综合性要求;安全生产是指为避免从业人员在生产经营活动中受到身体伤害和财产损失,而预先采取的事故预防、控制措施^[4]。

(2) 工程质量事故和安全生产事故的区别

在对象上,安全生产事故主要指人身健康损伤,工程质量事故主要指工程质量的不合格;在原因上,安全生产事故主要是安全教育、监管不到位,在施工过程中未严格执行相关规定,工程质量事故则涉及到设计、施工、使用等诸多方面;在持续时间上,安全生产事故是暂时的具有突发性,工程质量事故有持续性,甚至影响工程的使用寿命。

(3) 工程质量和安全生产的联系

工程质量和安全生产是相辅相成的。作业人员在施工过程中进行安全生产,严守作业规范,是对工程质量的一种保障。加强工程质量的保证,落实工程质量,细化到人,亦是对安全生产的一种保障。只有在同时兼顾工程质量和安全生产的前提下,才可确保建设工程项目信用,有效提升建设工程效益,营造良好的建设环境。

2 公路工程质量与安全信用评价体系设计

本文以辽宁省建兴高速为例,开展公路工程项目质量与安全信用评价研究。建兴高速全长 90.03 km,2010 年开工建设,2014 年正式通车,标准双向车道,采用 BT(Build-Transfer) 模式建设。项目质量管理体系健全,重视安全生产管理,严格遵守相关法律法规,获得了中国建设工程鲁班奖。在之后的鲁班奖复查中,有关专家对其外观、质量、适用等给予了高度评价。

2.1 指标体系设计的目标

本文依托现行法规、顺应发展趋势,研究公路工程项目的质量控制、进度控制、造价控制、安全控制以及职业健康安全与环境管理等内容,旨在

实现全面项目信用管理。同时,从施工企业角度出发分别建立工程质量和安全生产评价指标体系。最后,把质量评价体系和安全生产评价体系融合,建立公路工程信用评价体系,为企业资质管理和工程招标投标提供参考。

2.2 指标初选

基于公路工程建设领域的有关基础理论,参考大量国内外工程项目信用评价指标体系研究成果,形成了公路工程项目质量与安全信用评价指标体系^[5-7],见表 2。

表 2 质量和安全信用评价指标

一级指标	二级指标	三级指标
工程质量	交竣工验收情况	施工合同履行情况
		主体工程质量评定
		沿线服务设施评定
		环境保护工程评定
	施工管理	施工单位工作评定
		竣工文件评定
安全生产	施工管理	组织机构设置
		质量保证控制体系设置
	缺陷责任期质量	进度与变更控制
		工程实体养护
	安全生产条件	责任落实性
		安全生产责任制
安全管理机构		
人员安全教育		
安全生产	安全技术水平	现场施工组织
		安全生产投入
		危险源辨识与控制
		安全技术交底
	安全生产管理	安全事故及人员伤亡
		分包、应急管理
职业健康防护	职业健康防护	安全检查与监督
		安全业绩考察
		危险作业区域防护
		保健急救
	施工环境条件	劳动用品使用
		地形、地质、环境条件
		设备材料所处环境

2.3 指标优化

本文以辽宁省建兴高速第二标段为例,利用粗糙集方法^[8],邀请行业内的 10 位专家,根据示例项目情况,针对 27 个三级指标进行打分并筛选。根据粗糙集约简原理,剔除某一指标后,用信息量是否变化决定指标是否被约束。信息量变化为 0 说明该指标对评价体系无意义,非 0 说明有意义,则保留。

定义 $S = (U, A, V, f)$ 为一个信息系统, $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 是由有限个对象组成的论域, A 为属性集, V 为属性值的集合, f 为 $U \times A \rightarrow V$ 的信息函数。 $a \subseteq A, U/\text{ind}(R) = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, 则知识 R 的信息量为:

$$I(A) = 1 - \frac{1}{|U|^2} \sum_{i=1}^n |X_i|^2 \tag{1}$$

式中: $|X_i|$ 是 X 的基数,即集合中包含元素的个数。

如果 $I(A) = I(A - \{a\})$, 说明 a 是 A 的不必要属性,反之则是。利用原始完整属性集的信息量与删除该属性的信息量的差值来反映该属性的重要程度,以此来筛选指标^[9]:

$$\text{Sig}_{A-\{a\}}(A) = I(A) - I(A - \{a\}) \tag{2}$$

因利用粗糙集筛选指标时,需要用离散化的指标数据,所以需要对评价后的指标赋予分值,将其离散化。由高到低依次赋值为 5, 4, 3, 2, 1。

根据粗糙集约简原理及式(1)(2)计算出指标的重要程度,保留相关评价指标,最终建立建兴高速第二标段质量和安全信用评价体系,见图 1。

3 公路工程质量与安全信用评价模型与应用

本文结合公路工程以及信用评价特点,基于中心点三角白化权函数的灰色聚类评估模型^[10],以粗糙集属性约简后离散指标为样本,构建信用评价各指标白化权函数,确定各指标白化函数值。其次,采用聚类权法确定信用评价各指标聚类权重。最终,确定聚类系数,进而确定信用评价等级。

3.1 中心点三角白化权函数灰色评价模型

(1) 建立样本矩阵

将聚类对象视为样本。在评价中,设 $i = 1, 2, \dots, m$ 为聚类样本,每个样本各有 j 个评价指标,每个评价指标有 k 个灰类,聚类样本矩阵为 D 为:

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \tag{3}$$

式中: $x_{ij}(i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ 为第 i 个样本第 j 个指标的白化值。

(2) 构建中心点三角白化权函数

第一步:将评价对象等级和指标 $j(j = 1, 2,$

(2) 计算各指标对应白化权函数值

本文根据《公路建设市场信用信息管理办法》有关规定和公路工程信用评价实际情况,将辽宁公路工程项目质量与安全生产信用,划分为 5 个等级,各等级白化函数值的取值范围见表 3。

表 3 评价指标灰类等级取值范围

项目	信用差	信用较差	信用一般	信用较好	信用好
取值范围	(0,1]	(1,2]	(2,3]	(3,4]	(4,5]
中心点 λ	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5

分别延伸灰类的两个端点后可得到各指标关于各灰类的三角白化权函数,见图 3。

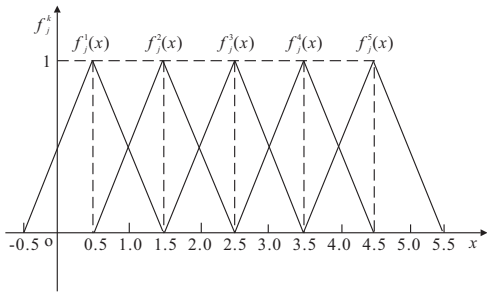


图 3 各指标中心点三角白化权函数示意

根据样本矩阵把 x_{i1} 代入到第一个指标的白化权函数,可以求得第一个指标在好、较好、一般、较差和差灰类等级下的白化权函数值^[14]。同理,可求得其他指标在 5 个灰类等级下的白化权函数值,具体计算结果见表 4。

表 4 各指标对应灰类等级下白化权函数值

指标	f_j^1	f_j^2	f_j^3	f_j^4	f_j^5
主体工程质量评定	0	0	0	0.9	0.1
沿线服务设施评定	0	0	0	0.4	0.6
环境保护工程评定	0	0	0	0	1
施工单位工作评定	0	0	0	0.1	0.9
竣工文件评定	0	0	0	0.3	0.7
质量保证控制体系设置	0	0	0.8	0.2	0
工程实体养护	0	0	0	0	1
安全生产责任制	0	0	0	0.5	0.5
现场施工组织	0	0	0.9	0.1	0
安全生产投入	0	0	0	0.2	0.8
安全技术交底	0	0	1	0	0
安全事故及人员伤亡	0	0	0	0.2	0.8
安全检查与监督	0	0	0	0.3	0.7
危险作业区域防护	0	0	0	0.2	0.8
地形、地质、环境条件	0	0	0.2	0.8	0

(3) 确定各信用评价指标聚类

将灰类标准值依次代入式(5)可求得 y_{jk}^0 , 之后将指标均值和灰类标准值代入式(6)可得 x_{jk}^0 , 最后将所求 y_{jk}^0 和 x_{jk}^0 代入式(7)可得各指标在不同灰类下的 x_{i1} 聚类权值,各指标权重见表 5。

表 5 各指标聚类权值计算结果

指标	$k=1$	$k=2$	$k=3$	$k=4$	$k=5$
主体工程质量评定	0.0455	0.0455	0.0455	0.0455	0.0455
沿线服务设施评定	0.0518	0.0518	0.0518	0.0518	0.0518
环境保护工程评定	0.0569	0.0569	0.0569	0.0569	0.0569
施工单位工作评定	0.0556	0.0556	0.0556	0.0556	0.0556
竣工文件评定	0.0531	0.0531	0.0531	0.0531	0.0531
质量保证控制体系设置	0.0341	0.0341	0.0341	0.0341	0.0341
工程实体养护	0.0569	0.0569	0.0569	0.0569	0.0569
安全生产责任制	0.0506	0.0506	0.0506	0.0506	0.0506
现场施工组织	0.0329	0.0329	0.0329	0.0329	0.0329
安全生产投入	0.0544	0.0544	0.0544	0.0544	0.0544
安全技术交底	0.0316	0.0316	0.0316	0.0316	0.0316
安全事故及人员伤亡	0.0544	0.0544	0.0544	0.0544	0.0544
安全检查与监督	0.0531	0.0531	0.0531	0.0531	0.0531
危险作业区域防护	0.0544	0.0544	0.0544	0.0544	0.0544
地形、地质、环境条件	0.0417	0.0417	0.0417	0.0417	0.0417

(4) 计算灰色聚类系数

将白化权函数和聚类权计算结果带入式(8)

求得灰色聚类系数,如 $\sigma_i^1 = \sum_{j=1}^m f_j^1(x_{ij}) W_{j1} = 0$ 。同理可求的其余等级的灰色聚类系数,最终计算结果见表 6。

表 6 中心点三角白化权函数灰色聚类系数

等级	$k=1$	$k=2$	$k=3$	$k=4$	$k=5$
σ_i^k	0	0	0.0968	0.2005	0.4296

(5) 确定信用评价等级

$\max_{1 \leq k \leq 5} \{ \sigma_i^k \} = \max_{1 \leq k \leq 5} \{ 0, 0, 0.0968, 0.2005, 0.4296 \} = 0.4296 = \sigma_i^{*5}$ 故该示例项目综合评定等级为好。

4 提高质量与安全信用评价等级的建议

综上,本文从施工单位出发,选取质量和安全指标并利用评价模型将其融合,建立切实可行的信用评价体系,选取示例项目进行试算得到评价结果为“好”,评价结果与建筑业企业资质管理和工程招标投标有关标准相符,为企业资质管理和工程招标投标提供制度支撑和评选参考。

为全面实现公路工程项目信用管理,提高公路工程建设信用等级,本文从政府管控、企业自身和公众参与三个方面提出以下对策建议^[15~17]:

(1) 政府管控

政府主管部门应制定本行政区域内公路工程建设质量与安全信用管理实施细则并组织实施,同时可建立以政府为主导,第三方机构协助的管理模式,加强对本行政区域内公路工程建设的监

督检查,并根据结果进行差异化管理和联合惩戒;

(2)企业自身

公路工程的参建单位应提高质量和安全责任意识,积极配合有关部门的监督检查,把工程质量和安全从事后检查转向事前预防控制,严格把关,防患于未然;

(3)公众参与

鼓励公众在法律制度体系积极参与,从业主的角度进行监督,可根据自身体验向有关政府部门或施工企业提出切实可行的改进建议,以不断完善公路工程的质量和安信用等级。

参 考 文 献

[1] 白希平,章金波. 浅谈公路工程安全管理[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2017, (12): 34-35.

[2] 邹 蒙. 浅谈公路工程招投标与施工企业信用评价[J]. 低碳世界, 2016, (2): 113-114.

[3] 孟一飞. 成都市公路工程施工招投标管理研究[D]. 成都: 西南财经大学, 2017.

[4] 武庆弟. 公路施工企业信用体系建设与管理研究[D]. 西安: 长安大学, 2013.

[5] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程竣(交)工验收办法实施细则[J]. 交通标准化, 2010, (8): 14-16.

[6] 崔瑞芳. 我国区域建筑安全生产水平评价及差异分析[D]. 重庆: 重庆大学, 2015.

[7] 王洪富. 公路工程质量评价空间模型构建及应用研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2018.

[8] Wei W, Liang J Y. Information fusion in rough set the-

ory: an overview[J]. Information Fusion, 2019, 48: 107-118.

[9] Yin Y C, Zhang L T, Liao W Z, et al. A knowledge resources fusion method based on rough set theory for quality prediction[J]. Computers in Industry, 2019, 108: 104-114.

[10] 刘思峰, 谢乃明. 基于改进三角白化权函数的灰评估新方法[J]. 系统工程学报, 2011, 26(2): 244-250.

[11] Liu S, Forrest J, Yang Y. Several Grey System Models Which Used Most Commonly[C]//AIP Conference Proceedings 1558, 1695 (2013). AIP Publishing LLC, 2013: 1695-1704.

[12] Li C, Chen K, Xiang X. An integrated framework for effective safety management evaluation: application of an improved grey clustering measurement[J]. Expert Systems with Applications, 2015, 42(13): 5541-5553.

[13] 洪 艳. 改进灰色聚类法对边坡稳定性的预测评价[J]. 人民珠江, 2018, 39(6): 85-88.

[14] Zhang H, Fan Y. A grey evaluation method based on the center-point double S-shaped whitening weight function[J]. Journal of Grey System, 2013, 25(3): 95-104.

[15] 许健宁. 新时期公路工程质量安全管理[J]. 交通世界, 2019, (18): 142-143.

[16] 韩世平. 公路工程管理中质量与进度的合理控制策略研究[J]. 交通世界, 2018, (18): 146-147.

[17] 李林林. 长临高速公路全面质量控制与管理研究[D]. 西安: 长安大学, 2017.