

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2023.02.042

高速公路养护市场化影响因素及效果分析研究

钟文^{1,2},何寿奎¹,王晓东³

(1.重庆交通大学 经济与管理学院,重庆市 400074;2.民航机场成都电子工程设计有限责任公司,四川 成都 610000;
3.重庆交通大学 材料科学与工程学院,重庆市 400074)

摘要:为推行养护市场化改革,研究其影响因素及效果,提出一种效果评价模型。运用三维视域内的全景分析法以确定效果评价的内容,结合平衡计分卡的思想,从业务、用户、内部管理、学习与成长4个维度分析,创新性地引入社会责任维度,构建效果指标体系。然后,通过可拓云模型构建高速公路养护市场化的效果评价模型,计算效果评价等级。最后,运用贵州省2014年、2019年的数据进行实证分析。结果表明:贵州省2019年较2014年大部分指标均有所提升,省内整体的养护市场化效果较好,并研讨进一步推进市场化仍面临的问题,从养护资金投入、养护新政策、养护机械更新、养护成本率方面提出参考建议。

关键词:高速公路;养护市场化;效果评价;平衡计分卡;可拓理论;云模型

中图分类号:U412.36+6

文献标志码:A

1 研究背景

高速公路养护市场化是指市场机制在高速公路养护运行机制中起根本性的作用。换言之,通过引入市场竞争机制、定价机制、供需机制和激励机制,合理分配人员、资金和生产设备^[1],将养护过程变得更透明化,达到“管养分离”的目的,以提高养护效率,实现降本增效及高速公路的可持续发展。目前中国高速公路飞速发展,截至2021年年末,中国公路总里程达528.07万km,公路养护里程为525.16万km,占公路总里程的99.4%。由此可见,公路行业的重点也逐渐从建设往养护过渡,高速公路的养护任务日益加重。随着深化公路管理体制改革的提出,公路养护初步走上专业化、机械化、市场化、社会化的轨道,引导了公路养护市场化发展的方向。

就目前的高速公路养护市场化效果评价体系而言,养护市场化效果的研究更多地侧重于管理应用、政策和技术等方面,对于更具体、难以衡量的影响指标内容不够系统全面。梁国华等^[2]指出数理方法的

指标体系不再适用,提出了价值一目的—一目标—一标准和指标的逻辑思路的构建方法;胡立美^[3]运用过程—内容分解法,从成本控制、工期控制、质量控制、安全风险、项目效益及项目价值6个方面构建了效果评价指标;Zhu等^[4]将目标管理和关键绩效管理的概念引入指标的选取中,从安全、质量、进度、成本、环保5个方面构建了公路养护管理指标体系,并根据相关标准和公路管理部门的要求得出了各指标的技术标准;Anastasopoulos等^[5]考虑了潜在的空间效应,发现了公路养护的成本节约与合同规模存在显著关系;Zhao等^[6]从安全角度出发,运用层次分析法建立公路养护安全生产综合评价体系,论证了公路安全评价的有效性和准确性,有利于加快公路养护安全管理体系建设;France-Mensah等^[7]考虑到公路养护资金有限,结合平等主义、功利主义、社会主义和罗尔斯公平理论,将社会公平纳入公路基础发展和管理研究,提出了高速公路并购规划以实现社会公平的优化模型;赵文义等^[8]发现在公路工程总承包模式下推行新型养护市场化管理模式能克服养护管理机制的一些弊端,更能适应当前的养护市场

收稿日期:2021-12-13

基金项目:贵州省交通运输厅科技项目(编号:2020-153-005);重庆市基础研究与前沿探索项目(编号:CSTC2018jcyjAX0005);重庆市社会科学规划项目(编号:2017YBGL153)

作者简介:钟文,女,硕士研究生.E-mail:736220259@qq.com

经济。此外,霍尔三维结构系统工程分析方法^[9]、价值—目标—指标—标准的研究思路^[10]也广泛应用于养护管理指标体系的构建中。

通过国内外有关市场化养护的研究可看出,高速公路养护市场化效果指标难以直观体现,效果评价又具有主观性、模糊性、抽象性且难以界定,鲜有研究运用模型和数据进行详细分析,可拓云模型可以很好地解决这一难题。李如琦等^[11]运用可拓云理论对电能质量进行了综合评估;谭泽斌^[12]验证了可拓云模型在隧道交通安全评价中的科学性和适用性;刘玲等^[13]运用可拓云理论对施工安全进行了系统客观的综合评价;王花兰等^[14]建立了路面性能等级评价的标准云物元模型,能有效评估路面等级;Song等^[15]针对电力市场运行效率评价中的模糊性和随机性以及指标的主观性和不确定性,建立可拓云理论的效率评价模型,并引入可信度和风险因子,经实例验证了方法的有效性、合理性;Koç等^[16]通过对比传统方法和非传统方法,研讨了云理论在工程结构的模糊随机可靠性问题;Guo等^[17]基于网络分析法和可拓云模型,解决了地铁施工场地回弹评价的随机性和模型性问题。因此,本文致力于找到高速公路养护市场化的影响指标,运用可拓云模型解决模糊性,建立效果评价模型,将理论与实际相结合以解决项目适应性的问题,走上探索养护市场化效果的道路。

2 高速公路养护市场化效果评价指标体系的建立

2.1 选取效果评价的影响因素

根据高速公路养护的管理模式、推行中的困难及措施、市场化目标、实行市场化后公路质量变化、社会责任等现实依据,参考《公路养护工程管理办法》(交公路发[2018]33号)、“十三五”公路养护管理发展纲要(交公路发[2016]96号)、《公路建设项目环境影响评价规范》(JTG B03—2006)等业内文件,以提高养护市场化效果为目的,运用三维视域内的全景分析法,从对象维、管理维、效益维分析影响因素,如图1所示。

2.2 基于BSC思想建立效果评价指标体系

平衡计分卡(BSC)现已广泛应用于绩效评价中,

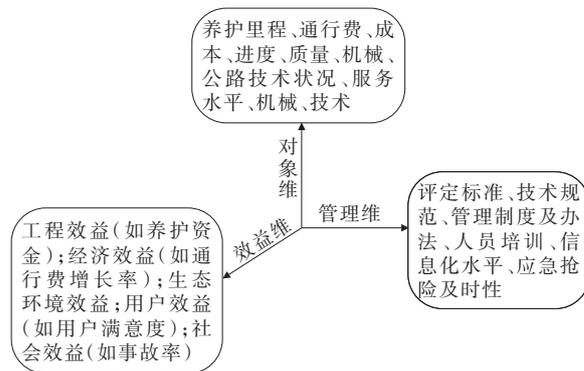


图1 高速公路养护市场化效果评价的影响因素

也在指标体系建立上有所体现,是一种结合财务指标和非财务指标绩效评价方法。它从愿景与战略角度,平衡考虑了4个维度的平衡关系,维持着“学习与成长”是核心,“内部管理”是基础,“用户”是关键因素,“业务”是最终结果的因果链^[18],相较于其他方法具有多维度性、全面性、动因平衡性。对高速公路养护市场化而言,因其涉及面广、利益相关者众多、服务性强的特点,再加上养护工程的服务性,本文创新性地引入社会责任维度,结合BSC思想,构建养护市场化效果评价体系。其中包括5个一级指标,26个二级指标,如表1所示。

(1) 业务维度是其余4个维度的归属,反映了公司的战略方向,隶属于技术指标,选取经营性投资、养护里程、经费、各公路的质量状况指数等8个指标表示。经营性累计建设投资占比能反映高速公路投资下的经营力度;养护里程增长率用以反映高速公路新增里程的变化;养护经费支出增长率用以衡量对养护工程的投入力度; I_{MQI} (公路技术状况指数)、 I_{PQI} (路面技术状况指数)、 I_{SCI} (路基技术状况指数)、 I_{BCI} (桥隧构造物技术状况指数)、 I_{TCI} (沿线设施技术状况指数)用于综合评定公路技术状况。

(2) 用户维度。高速公路面向所有的使用者,主要从用户效益的角度出发,其内容包括交通延误时间、超过正常油耗百分比、用户满意度、交通事故率。交通延误时间是指因养护作业施工造成交通堵塞所耽搁的用户的时间;超过正常油耗比意为表示因养护工程对用户油耗的消耗量增大;用户满意度以衡量用户对养护市场化的满意程度;交通事故率主要体现养护市场化对事故率的影响。

(3) 内部管理维度侧重评价公司的组织以及管理能力,选取管理制度创新、养护投入占比、养护及时

表 1 高速公路养护市场化效果指标体系及基于结构熵权法的权重结果

维度	权重	评价指标	权重	说明
业务 (u_1)	0.270 4	经营性累计建设投资占比(u_{11})	0.145 8	经营性累计建设投资/累计建设投资总额
		养护里程增长率(u_{12})	0.077 2	(本年养护里程-上年养护里程)/上年养护里程
		养护经费支出增长率(u_{13})	0.162 1	(本年养护经费支出-上年养护经费支出)/上年养护经费支出
		公路技术状况指数 $I_{MQI}(u_{14})$	0.171 0	$0.08 \times I_{SCI} + 0.7 \times I_{PQI} + 0.12 \times I_{BCI} + 0.1 \times I_{TCI}$
		路面技术状况指数 $I_{PQI}(u_{15})$	0.148 5	反映路面损坏、平整度、车辙、跳车、磨耗、抗滑性、结构强度等状况
		路基技术状况指数 $I_{SCI}(u_{16})$	0.067 9	反映路基损坏的程度
		桥隧构造物技术状况指数 $I_{BCI}(u_{17})$	0.123 6	反映构造物的损坏情况
用户 (u_2)	0.264 5	沿线设施技术状况指数 $I_{TCI}(u_{18})$	0.103 9	反映沿线设施损坏情况
		交通延误时间(u_{21})	0.208 6	定性指标
		超过正常油耗百分比(u_{22})	0.167 7	定性指标
		用户满意度(u_{23})	0.340 2	定性指标
内部管 理(u_3)	0.167 4	交通事故率(u_{24})	0.283 5	万台车辆的交通事故起数
		管理制度创新(u_{31})	0.147 9	定性指标
		养护投入占比(u_{32})	0.262 0	养护成本/建设总成本
		养护及时性(u_{33})	0.273 9	定性指标
		公路养护新政策(u_{34})	0.147 9	定性指标
学习 与 成长(u_4)	0.138 1	行政职能转变(u_{35})	0.168 3	定性指标
		养护机械更新(u_{41})	0.165 1	定性指标
		信息社会指数(u_{42})	0.294 8	信息社会指数(I_{ISI})=信息经济指数 \times 30%+网络社会指数 \times 30%+在线政府指数 \times 10%+数字生活指数 \times 30%
		技术人员培训覆盖率(u_{43})	0.249 4	技术人员培训人数/技术人员总人数
社会 责 任(u_5)	0.159 6	研究与试验发展经费投入强度(u_{44})	0.157 7	研究与试验发展经费支出/国内生产总值
		养护科研项目数量(u_{45})	0.133 0	养护方向的科研项目个数/科研项目个数
		养护成本率(u_{51})	0.312 0	养护成本/通行费成本
		通行费增长率(u_{52})	0.224 9	(本年通行费收入-上年通行费收入)/上年通行费收入
		生态环境恢复时间(u_{53})	0.224 9	定性指标
		道路整洁度(u_{54})	0.238 2	定性指标

性、公路养护新政策、行政职能转变 5 个指标衡量。管理制度创新主要反映省内长远的考虑,以提高管理效率为目标;养护投入占比反映在建设成本的基础上,对养护的投入程度;养护及时性是指较早发现道路问题及时养护,还包括抢险救灾工程中的及时养护;公路养护新政策体现政策性的指导给市场化带来的变化;行政职能转变反映市场化推行中的体制变革。

(4) 学习与成长代表战略性决策以及学习能力,选取养护机械更新、信息社会指数、技术人员培训覆盖率、研究与试验发展经费投入强度、养护科研项目数量 5 个指标。养护机械更新代表市场化后机

械的归属处理以及更新后带来的成本节约;信息社会指数用于衡量不同阶段、不同地区的信息化发展程度;技术人员培训覆盖率体现省内对养护技术的重视程度;研究与试验发展经费投入强度用于衡量地区在科技创新方面的努力程度;养护科研项目数量反映地区在养护方面的科研创新能力。

(5) 社会责任选取养护成本率、通行费增长率、生态环境恢复时间、道路整洁度 4 个指标。养护成本率体现对养护的重视程度;通行费增长率反映盈利空间的变化;生态环境恢复表现对环境可持续性的维护;道路整洁度评估日常保洁工作,道路的交通环境。

3 高速公路养护市场化效果评价模型构建

3.1 可拓云模型

可拓云模型由可拓理论和云模型组合构造而成。1983年蔡文教授创立了可拓理论,该理论采用形式化的工具,从定性和定量两个角度研究解决矛盾问题的规律和方法^[19]。而云模型是由李德毅院士提出的,结合了概率论和模糊数学理论,处理定性定量间转换的不确定模型^[13]。可拓云模型使指标体系的模糊度、不确定性得以解决。

可拓学中的物元分析理论将事物名称 N 、事物特征 C 、事物特征对应值 V 三元组统一起来,构成事物的基本元,记为 $R=(N, C, V)$ 。其中 V 为各评价指标的界限值或测量值,视为一个确定的数值,忽略了其模糊性和随机性。为避免这种问题,在物元理论的基础上引入云模型的概念,将确定值 V 用正态云模型的数字特征 (E_x, E_n, H_e) 代替,其中期望 E_x 为效果评价中最能代表等级水平的点,是隶属云的分布中心;熵 E_n 为效果评价的不确定程度的描述;超熵 H_e 为对熵的不确定性的量度。则有序三元组表示为“事物名称,事物特征,云量值”,可拓云模型表示为:

$$R = \begin{pmatrix} N & C_1 & (E_{x1}, E_{n1}, H_{e1}) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ N & C_n & (E_{xn}, E_{nn}, H_{en}) \end{pmatrix} \quad (1)$$

(E_x, E_n, H_e) 的值在确定各指标的等级后,由各指标的界限 C_{\min}, C_{\max} 计算确定,即:

$$\begin{cases} E_x = \frac{(C_{\min} + C_{\max})}{2} \\ E_n = \frac{(C_{\max} - C_{\min})}{6} \\ H_e = s \end{cases} \quad (2)$$

式中: s 为常数,取值范围为 $[0, 20]$,根据效果评价指标的具体要求,对其模糊性、随机性进行调整给出,但取值不宜过大。

3.2 确定评价指标权重

指标权重的确定通常分为客观赋权法和主观赋权法。客观赋权法将评价指标量化,依赖样本数据、计算方法得到权重;主观赋权法根据规律、经验或习惯进行赋权^[20]。本文将两种赋权方法结合,采用构熵法确

定权重。该方法将德尔斐专家调查法与模糊分析法相结合,形成“典型排序”,是一种定性分析与定量分析相结合的权重系数结构分析方法^[21],将系统指标及关系层层分解,以相对重要性排序结构确定各层次指标的权重,具有一定的客观性。具体步骤如下:

(1) 利用 Delphi 法,形成指标重要性排序

通过向该领域专家、学者进行咨询请教,收集其对高速公路养护市场化的看法,收取各自匿名、独立给出的对各评价指标集的重要性程度评价结果,从而形成排序。设专家对应的指标集为 $U = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n\}$,指标集对应的排序数组为 $(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$,得到排序矩阵 $A = (a_{ij})_{k \times n}$ 。其中 k 为专家个数; n 为评价指标的个数; a_{ij} 为第 i 位专家对第 j 个指标的评价。

(2) 运用熵理论计算,得到隶属矩阵

采用熵理论计算指标的熵值,设 μ 是定义在 $[0, 1]$ 上的函数,则 a_{ij} 对应的隶属函数为:

$$\mu(a_{ij}) = \frac{\ln(m - a_{ij})}{\ln(m - 1)} \quad (3)$$

式中: m 为转化参数量,取 $m = j + 2$ 。设 $b_{ij} = \mu(a_{ij})$,为 a_{ij} 的隶属度,从而得到隶属矩阵 $B = (b_{ij})_{k \times n}$ 。

(3) 消除主观性、不确定性

考虑到每个专家对不同指标的排序存在不一致性和不确定性,需进行数据处理。设 k 个专家对指标 u_j 的平均认识度为 b_j ,令:

$$b_j = (b_{1j} + b_{2j} + \dots + b_{kj}) / k \quad (4)$$

为消除不同领域专家的评分相差较大的情况,设专家对指标 u_j 的认识盲度为 Q_j ,令:

$$Q_j = \left| \left\{ [\max(b_{1j}, b_{2j}, \dots, b_{kj}) - b_j] + [\min(b_{1j}, b_{2j}, \dots, b_{kj}) - b_j] \right\} / 2 \right| \quad (5)$$

对于每一个因素 u_j ,定义 k (参加测评的全体专家数) 个专家关于 u_j 的总体认识度,记作 x_j 。

$$x_j = b_j(1 - Q_j), x_j > 0 \quad (6)$$

由 x_j 得到 k 个专家全体对指标 u_j 的评价向量 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 。

(4) 归一化处理

对 $x_j = b_j(1 - Q_j)$ 进行归一化处理,从而得到指标 u_j 的权重,令:

$$a_j = x_j / \sum_{j=1}^n x_j \quad (7)$$

3.3 计算云关联度

云关联函数反映了数值与标准正态可拓云之间

的关联度。将待评估的各项指标值 x 视为一个云滴，产生一个期望值为 E_n 、标准差为 H_e 的服从正态分布的随机数 E'_n ，即 $E'_n \sim N(E_n, H_e^2)$ ，从而计算出数值 x 与该正态可拓云之间的关联度 k ，计算式为：

$$k = \exp\left[-\frac{(x - E_x)^2}{2(E'_n)^2}\right] \quad (8)$$

3.4 确定评估等级

模型中的隶属度是为了度量倾向的稳定程度，用式(9)计算高速公路养护市场化效果评价各级别的隶属度。

$$k_j = \sum_{i=1}^j \omega_i k_{ij} \quad (9)$$

式中： ω_i 为结构熵权法算出来的权重结果。

根据隶属度最大原则，确定效果评价的等级，若：

$$k_j = \max_r \{k_j(r)\} \quad (10)$$

则高速公路养护市场化的效果评价为 j 级。

基于上述方法及过程阐述，高速公路养护市场化效果评价模型构建流程如图 2 所示。

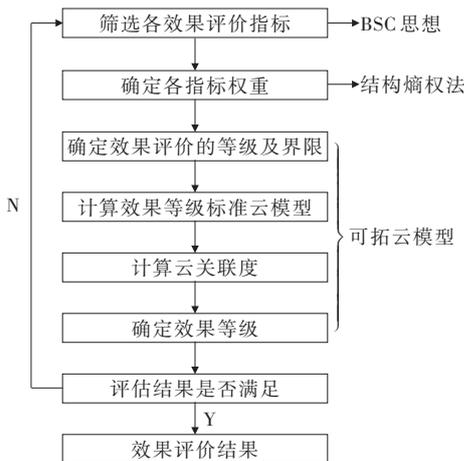


图 2 高速公路养护市场化效果评价模型构建流程图

4 实证研究与分析

4.1 数据来源

以贵州省为研究对象，据统计，截至 2019 年贵州省高速公路总里程突破了 7 000 km，高速公路综合密度继续保持中国第一，养护里程为 6 737.47 km，占总里程的 96.25%。从调研的结果上看，其交通量、养护量与新建的速度不相匹配，从贵州省省内进行市场化的实施效果上看，各公司仅以质量作为评价标准，效果评价为中等偏上，不具有全面性，缺乏系统性的

体系。数据来源于贵州省统计局、交通运输厅，选取 2014 年、2019 年两个不同时期的养护市场化相关数据进行效果对比。

4.2 确定指标权重

运用式(3)~(7)，计算各指标的权重，结果如表 1 所示。

4.3 效果评价的等级划分及界限

根据高速公路养护市场化效果的各指标特征，参考“十三五”公路养护管理发展纲要、《公路技术状况评定标准》(JTG 5210—2018)、《公路沥青路面养护技术规范》(JTG 5142—2019)等规范标准，运用程度表示法将效果评价等级分为 I 级(好)、II 级(较好)、III 级(一般)、IV 级(较差)、V 级(差)5 个等级。由于高速公路养护市场化的效果评价内容涉及技术、管理、资金、社会责任等因素，是定量与定性指标的结合。其中，定量指标参考行业标准、规范、纲要及参考文件进行取值界定，定性指标的界定根据行业专家评分确定，见表 2。

4.4 效果评价的等级标准云模型

利用式(1)、(2)，结合各指标的等级边界，计算 (E_x, E_n, H_e) ，得到高速公路养护市场化效果等级标准云模型，如表 3 所示。

4.5 确定效果评价等级

利用式(8)~(10)，得到各指标的云关联度，将其与表 1 中的各指标权重相乘，得到各级别的隶属度，根据隶属度最大原则确定各指标等级。由于式(8)的随机性，选择进行 100 次运算，得到最终结果见表 4。

4.6 效果评价结果分析

(1) 总体效果上看，表 4 表明：2014 年的效果等级评价为一般，而 2019 年养护市场化的效果有了明显提升，综合评价等级为效果较好。2019 年相对于 2014 年，业务、内部管理维度提升了 2 个等级，其余三个维度保持不变，但仍处于中等偏上等级，说明了业务和内部管理是最重要的影响维度，要将资金、质量、服务、管理放在第一位。由此表明贵州省推行养护市场化政策，取得了明显成就。

(2) 从业务维度上看，相比 2014 年，2019 年的成本节约、公路、路面、路基技术状况 (u_{14}, u_{15}, u_{16}) 提升至等级 I，体现了对质量、成本、服务水平的重视程度。养护资金投入的评价等级虽有所提升，但是效果仍处于低下水平，证实了贵州省目前面临的养护

表2 高速公路养护市场化各评价指标的等级界限

评价指标	单位	等级 I (效果好)	等级 II (效果较好)	等级 III (效果一般)	等级 IV (效果较差)	等级 V (效果差)
u_{11}	%	(100,85]	(85,75)	(75,60]	(60,50]	(50,0)
u_{12}	%	(100,50]	(50,30)	(30,10]	(10,5]	(5,0)
u_{13}	%	(100,50]	(50,30)	(30,10]	(10,5]	(5,0)
u_{14}		(100,90]	(90,80)	(80,70]	(70,60]	(60,0)
u_{15}		(100,92]	(92,80)	(80,70]	(70,60]	(60,0)
u_{16}		(100,90]	(90,80)	(80,70]	(70,60]	(60,0)
u_{17}		(100,90]	(90,80)	(80,70]	(70,60]	(60,0)
u_{18}		(100,90]	(90,80)	(80,70]	(70,60]	(60,0)
u_{21}	分	(100,80)	[80,60)	[60,40)	[40,20)	[20,0)
u_{22}	%	(0,20)	[20,40)	[40,60)	[60,80)	[80,100)
u_{23}	%	(100,80)	[80,60)	[60,40)	[40,20)	[20,0)
u_{24}	%	(0,20)	[20,40)	[40,60)	[60,80)	[80,100)
u_{31}	分	(100,80)	[80,60)	[60,40)	[40,20)	[20,0)
u_{32}	%	(100,80)	[80,60)	[60,40)	[40,20)	[20,0)
u_{33}	分	(100,90]	(90,80)	(80,70]	(70,60]	(60,0)
u_{34}	分	(100,90]	(90,80)	(80,70]	(70,60]	(60,0)
u_{35}	分	(100,80)	[80,60)	[60,40)	[40,20)	[20,0)
u_{41}	分	(100,80)	[80,60)	[60,40)	[40,20)	[20,0)
u_{42}	%	(100,70)	[70,60)	[60,50)	[50,40)	[40,0)
u_{43}	%	(100,80)	[80,60)	[60,40)	[40,20)	[20,0)
u_{44}	%	(10,4)	[4,3)	[3,2)	[2,1)	[1,0)
u_{45}	个	(10,8)	[8,6)	[6,4)	[4,2)	[2,0)
u_{51}	%	[50,35)	[35,20)	[20,10)	[10,5)	[5,0)
u_{52}	%	(100,50]	[50,30)	[30,10)	[10,5)	[5,0)
u_{53}	分	(100,80)	[80,60)	[60,40)	[40,20)	[20,0)
u_{54}	分	(100,80)	[80,60)	[60,40)	[40,20)	[20,0)

表3 高速公路养护市场化效果等级标准云模型

评价指标	Cloud1	Cloud2	Cloud3	Cloud4	Cloud5
u_{11}	(92.5,2.5,0.02)	(80,1.67,0.02)	(67.5,2.5,0.02)	(55,1.67,0.02)	(25,8.33,0.02)
u_{12}	(75,8.33,0.02)	(40,3.33,0.02)	(20,3.33,0.02)	(7.5,0.83,0.02)	(2.5,0.83,0.02)
u_{13}	(75,8.33,0.02)	(40,3.33,0.02)	(20,3.33,0.02)	(7.5,0.83,0.02)	(2.5,0.83,0.02)
u_{14}	(95,1.67,0.02)	(85,1.67,0.02)	(75,1.67,0.02)	(65,1.67,0.02)	(30,10.00,0.02)
u_{15}	(96,1.33,0.02)	(86,2.00,0.02)	(75,1.67,0.02)	(65,1.67,0.02)	(30,10.00,0.02)
u_{16}	(95,1.67,0.02)	(85,1.67,0.02)	(75,1.67,0.02)	(65,1.67,0.02)	(30,10.00,0.02)
u_{17}	(95,1.67,0.02)	(85,1.67,0.02)	(75,1.67,0.02)	(65,1.67,0.02)	(30,10.00,0.02)
u_{18}	(95,1.67,0.02)	(85,1.67,0.02)	(75,1.67,0.02)	(65,1.67,0.02)	(30,10.00,0.02)
u_{21}	(90,3.33,0.02)	(70,3.33,0.02)	(50,3.33,0.02)	(30,3.33,0.02)	(10,3.33,0.02)
u_{22}	(10,3.33,0.02)	(30,3.33,0.02)	(50,3.33,0.02)	(70,3.33,0.02)	(90,3.33,0.02)
u_{23}	(90,3.33,0.02)	(70,3.33,0.02)	(50,3.33,0.02)	(30,3.33,0.02)	(10,3.33,0.02)
u_{24}	(10,3.33,0.02)	(30,3.33,0.02)	(50,3.33,0.02)	(70,3.33,0.02)	(90,3.33,0.02)

续表3

评价指标	Cloud1	Cloud2	Cloud3	Cloud4	Cloud5
u_{31}	(90,3.33,0.02)	(70,3.33,0.02)	(50,3.33,0.02)	(30,3.33,0.02)	(10,3.33,0.02)
u_{32}	(90,3.33,0.02)	(70,3.33,0.02)	(50,3.33,0.02)	(30,3.33,0.02)	(10,3.33,0.02)
u_{33}	(95,1.67,0.02)	(85,1.67,0.02)	(75,1.67,0.02)	(65,1.67,0.02)	(30,10.00,0.02)
u_{34}	(95,1.67,0.02)	(85,1.67,0.02)	(75,1.67,0.02)	(65,1.67,0.02)	(30,10.00,0.02)
u_{35}	(90,3.33,0.02)	(70,3.33,0.02)	(50,3.33,0.02)	(30,3.33,0.02)	(10,3.33,0.02)
u_{41}	(90,3.33,0.02)	(70,3.33,0.02)	(50,3.33,0.02)	(30,3.33,0.02)	(10,3.33,0.02)
u_{42}	(85,5.00,0.02)	(65,1.67,0.02)	(55,1.67,0.02)	(45,1.67,0.02)	(20,6.67,0.02)
u_{43}	(90,3.33,0.02)	(70,3.33,0.02)	(50,3.33,0.02)	(30,3.33,0.02)	(10,3.33,0.02)
u_{44}	(7,1.00,0.02)	(3.5,0.17,0.02)	(2.5,0.17,0.02)	(1.5,0.17,0.02)	(0.5,0.17,0.02)
u_{45}	(9,0.33,0.02)	(7,0.33,0.02)	(5,0.33,0.02)	(3,0.33,0.02)	(1,0.33,0.02)
u_{51}	(42.5,2.50,0.02)	(27.5,2.50,0.02)	(15,1.67,0.02)	(7.5,0.83,0.02)	(2.5,0.83,0.02)
u_{52}	(75,8.33,0.02)	(40,3.33,0.02)	(20,3.33,0.02)	(7.5,0.83,0.02)	(2.5,0.83,0.02)
u_{53}	(90,3.33,0.02)	(70,3.33,0.02)	(50,3.33,0.02)	(30,3.33,0.02)	(10,3.33,0.02)
u_{54}	(90,3.33,0.02)	(70,3.33,0.02)	(50,3.33,0.02)	(30,3.33,0.02)	(10,3.33,0.02)

表 4 高速公路养护市场化效果评价指标等级及指标隶属度

指标	各指标隶属度										指标等级	
	2014年					2019年					2014年	2019年
	$j=I$	$j=II$	$j=III$	$j=IV$	$j=V$	$j=I$	$j=II$	$j=III$	$j=IV$	$j=V$		
u_{11}	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.038 9	0.000 0	0.000 0	0.002 6	0.062 2	0.000 2	V	IV
u_{12}	0.000 0	0.000 1	0.204 5	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 1	0.047 4	0.001 7	III	IV
u_{13}	0.000 0	0.000 0	0.545 6	0.000 0	0.000 0	0.006 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	III	I
u_{14}	0.000 0	0.116 0	0.000 5	0.000 0	0.000 0	0.152 5	0.000 2	0.000 0	0.000 0	0.000 0	II	I
u_{15}	0.000 0	0.014 3	0.007 7	0.000 0	0.000 0	0.021 1	0.007 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	II	I
u_{16}	0.000 0	0.384 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.048 6	0.001 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0	II	I
u_{17}	0.009 2	0.011 2	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.009 6	0.009 8	0.000 0	0.000 0	0.000 0	I	II
u_{18}	0.000 0	0.018 6	0.006 8	0.000 0	0.000 0	0.045 5	0.003 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	II	I
u_{21}	0.000 0	0.669 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.004 4	0.028 1	0.000 0	0.000 0	0.000 0	II	II
u_{22}	0.000 0	0.835 5	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.199 1	0.000 1	0.000 0	0.000 0	II	II
u_{23}	0.000 0	0.028 2	0.004 0	0.000 0	0.000 0	0.000 1	0.193 1	0.000 0	0.000 0	0.000 0	II	II
u_{24}	0.956 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.007 4	0.015 5	0.000 0	0.000 0	0.000 0	I	II
u_{31}	0.000 0	0.115 6	0.000 5	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.666 4	0.000 0	0.000 0	0.000 0	II	II
u_{32}	0.000 0	0.000 0	0.482 0	0.000 0	0.000 0	0.010 9	0.011 6	0.000 0	0.000 0	0.000 0	III	II
u_{33}	0.000 0	0.000 0	0.304 8	0.000 0	0.000 1	0.975 2	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	III	I
u_{34}	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.202 5	0.005 8	0.000 0	0.000 1	0.201 5	0.000 0	0.000 0	IV	III
u_{35}	0.000 0	0.026 8	0.004 0	0.000 0	0.000 0	0.010 4	0.010 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	II	I
u_{41}	0.000 0	0.200 2	0.000 2	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 2	0.200 3	0.000 0	0.000 0	II	III
u_{42}	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.012 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.013 1	V	V
u_{43}	0.000 0	0.000 0	0.982 7	0.000 0	0.000 0	0.056 4	0.001 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0	III	I
u_{44}	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.836 4	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 4	0.074 3	V	V
u_{45}	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.014 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.014 0	0.009 8	V	IV
u_{51}	0.000 0	0.000 0	0.007 1	0.016 4	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.708 7	0.000 0	0.000 0	IV	III
u_{52}	0.000 0	0.000 0	0.814 4	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 2	0.341 8	0.000 0	III	IV
u_{53}	0.000 5	0.112 6	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.058 1	0.001 4	0.000 0	0.000 0	0.000 0	II	I

续表4

指标	各指标隶属度										指标等级	
	2014年					2019年					2014年	2019年
	$j=I$	$j=II$	$j=III$	$j=IV$	$j=V$	$j=I$	$j=II$	$j=III$	$j=IV$	$j=V$		
u_{54}	0.074 7	0.001 1	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.061 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	I	I
u_1	0.001 1	0.051 4	0.106 2	0.000 0	0.005 7	0.039 4	0.002 8	0.000 4	0.012 7	0.000 2	III	I
u_2	0.271 1	0.289 3	0.001 4	0.000 0	0.000 0	0.003 1	0.109 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	II	II
u_3	0.000 0	0.021 6	0.210 5	0.030 0	0.000 9	0.271 7	0.103 3	0.029 8	0.000 0	0.000 0	III	I
u_4	0.000 0	0.033 1	0.245 1	0.000 0	0.137 6	0.014 1	0.000 4	0.033 1	0.001 9	0.016 9	III	III
u_5	0.017 9	0.025 6	0.185 4	0.005 1	0.000 0	0.027 7	0.000 3	0.221 2	0.076 9	0.000 0	III	III
u	0.074 9	0.102 7	0.127 8	0.005 8	0.020 7	0.047 1	0.063 3	0.045 0	0.016 0	0.002 4	III	II

资金低、还贷压力大的问题,拉大了与发达地区的差距。成本养护里程增长率 u_{12} 评价等级在下降,说明近年养护里程的增长速度较为缓慢,养护速度逐渐跟不上新建速度。

(3)从用户维度上看,对于用户满意度 u_{23} 、交通延误时间 u_{21} 、影响道路所增加的油耗量 u_{22} ,2019的指标等级为II,均无明显提升。但交通事故率却呈增长趋势,说明贵州因其地形原因,高原山地居多,易发生车祸,道路交通安全形势较为严峻。

(4)从内部管理维度上看,与2014年相比,2019年对于养护投入占比 u_{32} 、养护及时性 u_{33} 、公路养护新政策 u_{34} 提升、行政职能转变 u_{35} 的重视程度明显加大,评价等级均提升。而管理制度创新 u_{31} 还是评价为II级,呈持平状态。

(5)从学习与成长维度上看,2019年较2014年,技术人员培训覆盖率 u_{43} 提升了2级,体现了贵州省加大了对养护技术人员的培养投入。养护科研项目数量 u_{45} 提升了1级,间接说明市场化调动了科研的积极性。信息社会指数 u_{42} 、研究与试验发展经费投入强度 u_{44} 、养护机械更新 u_{41} 呈低水平或下降趋势,反映了贵州省的创新性、技术进步性、科学性需要加强。

(6)从社会责任维度上看,对比2014年,2019年的养护成本率 u_{51} 、生态环境恢复时间 u_{53} 的评价等级提升了1级,表示在提升对养护市场化重视程度的同时,也注重生态建设,强调公路养护与环保并重。而通行费增长率 u_{52} 等级却下降了1级,或许与2019年取消省界收费站,ETC客户的优惠政策相关。道路整洁度 u_{54} 的等级评价无变化,均为I级,说明贵州省在道路整洁度方面一直都做得很好。

5 结论与建议

将可拓物元理论和云模型相结合运用于公路养护领域,能够很好地衡量公路养护中模糊性的评价指标,实现了定性与定量的结合,为养护市场化效果评价提供了新思路。在对贵州省的养护市场化效果进行实证后,由效果评价等级结果发现,公司现行的市场化管理较为适合现状,但距离发达地区还存在一定差距,仍需解决以下问题:

(1)养护资金投入。贵州省养护项目多,资金偏少,融资困难,这与各公司筹集养护资金的渠道单一性以及监管政策相关,造成了养护资金低、还贷压力大的局面。在长时间运营下,养护资金与养护目的的矛盾将更加突出。由此,在经济与政策背景下,政府部门需要采用救济措施,如2020年政府对公路车辆通行费的标准进行了调整。除此之外,各公司也要扩大筹集养护资金的渠道,多渠道筹措资金,以解决资金不到位或缺乏的问题。

(2)养护新政策。对养护工程进行市场化,除了小修保养、日常保洁、预防性养护外,其余养护工程均走上了完全市场化的道路。在实际实施中,由于小修保养、日常保洁的质量控制指标不够明确,预防性养护的试验性,给养护作业的监督管理带来了一定难度。公司内部可采用工程量清单的方式,发包养护作业,以获取质量的保障。另外,国家应对公路养护工程的管理内容进行明确规定,出台一系列的政策要求,对监督者实行合同管理、信用管理甚至行政管理。同时还要学习创新性的养护技术,综合应用GIS-T系统、高科技检测技术、公路分段养护档案等。

(3) 养护科研创新力度低。贵州省对于基础研究的加强有目共睹,科学基金争取度、资助力度、青年科研活力均在逐步加强,但在养护层面上的科研创新没有得以体现。为了激发养护的专业技术提升,组建一支经验丰富、技术过硬、业务精干的队伍,从学术研究、科研实践、实操管理、业务能力上为科研创新打下基础。还可以同有代表性的、优秀的公司进行战略合作,研讨建养“四新”技术,推动养护的高质量发展。

(4) 养护成本率低。贵州省的养护成本率等级评价为Ⅲ级,效果一般,体现了对养护的重视程度还远远不够,各高速公路路段的社会责任履行也是一般水平。这可能与贵州省内的经营管理模式相关,各公司独立招标、独立经营,相关联路段由不同公司负责,社会责任分散。因此,贵州省可采取整合、重构的方式,对公路养护市场化体系进行调整,将公路管理部门、施工单位、建设单位、社会公众紧密联合,达成利益共同体,以推动养护市场化的发展。

参考文献:

- [1] 霍继辉. 浅谈高速公路养护市场化[J]. 北方交通, 2010, (5): 178-180.
- [2] 梁国华, 杨琦, 马荣国. 农村公路绩效评价指标体系的构建方法[J]. 中国公路学报, 2007, 20(6): 111-116.
- [3] 胡立美. 高速公路养护市场化效果评价研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2013.
- [4] ZHU J, CHEN Z, SUN L J. A method of construction of index system for highway maintenance management[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013, 96: 1593-1602.
- [5] ANASTASOPOULOS P C, FLORAX R J G M, LABI S, et al. Contracting in highway maintenance and rehabilitation: Are spatial effects important? [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2010, 44(3): 136-146.
- [6] ZHAO J Y, FU X Y, ZHANG Y J. Research on risk assessment and safety management of highway maintenance project[J]. Procedia Engineering, 2016, 137: 434-441.
- [7] FRANCE-MENSAH J, KOTHARI C, O' BRIEN W J, et al. Integrating social equity in highway maintenance and rehabilitation programming: A quantitative approach[J]. Sustainable Cities and Society, 2019, 48: 101526.
- [8] 赵文义, 杨梓钰, 赵久柄. 公路工程总承包模式下的养护市场化探究[J]. 中外公路, 2014, 34(6): 302-307.
- [9] 吕安涛, 李月光, 魏守月. 农村公路养护管理综合评价指标体系分析[C]//第五届全国公路科技创新高层论坛论文集, 2010: 518-525.
- [10] 马书红, 王圆圆. 公路养护项目实施效果评价体系研究[J]. 中外公路, 2011, 31(3): 283-287.
- [11] 李如琦, 苏浩益. 基于可拓云理论的电能质量综合评估模型[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(1): 66-70.
- [12] 谭泽斌. 基于可拓云模型的隧道交通安全评价研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2019.
- [13] 刘玲, 陈娟娟, 徐代忠. 基于可拓云理论的施工安全综合评价[J]. 土木工程与管理学报, 2017, 34(3): 39-44.
- [14] 王花兰, 梁院生. 基于可拓云理论的公路路面性能评价模型[J]. 中外公路, 2015, 35(3): 63-70.
- [15] SONG D W, YANG M, BAI H K, et al. A comprehensive evaluation model of power market operation efficiency based on extension cloud theory[J]. Energy Procedia, 2019, 156: 302-309.
- [16] KOÇ M L, IMREN KOÇ D. A cloud theory based reliability analysis method and its application to reliability problems of breakwaters[J]. Ocean Engineering, 2020, 209: 107534.
- [17] GUO Q J, AMIN S, HAO Q W, et al. Resilience assessment of safety system at subway construction sites applying analytic network process and extension cloud models[J]. Reliability Engineering & System Safety, 2020, 201: 106956.
- [18] 刘运国, 陈国菲. BSC与EVA相结合的企业绩效评价研究: 基于GP企业集团的案例分析[J]. 会计研究, 2007(9): 50-59, 96.
- [19] 武春友, 陈兴红, 匡海波. 基于AHP-标准离差的企业绿色度可拓学评价模型及实证研究[J]. 科研管理, 2014, 35(11): 109-117.
- [20] 盖奇文. 基于结构熵权法的公共图书馆展览绩效评价指标体系构建[J]. 图书馆工作与研究, 2017(5): 96-100.
- [21] 程启月. 评测指标权重确定的结构熵权法[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(7): 1225-1228.