

高速公路绿色施工节地评价方法研究

王首绪, 蒋宁静

(长沙理工大学 交通工程运输学院, 湖南 长沙 410114)

摘要: 在高速公路建设过程中,对绿色施工节地与土地资源保护措施进行评价十分必要。文中通过在赋权过程中引入三角模糊数,运用改进的层次分析法(AHP)构建高速公路绿色施工节地评价体系,对高速公路绿色施工节地与土地资源保护进行评价,并应用于湖南某高速公路项目节地评价中,为绿色公路建设提供指导。

关键词: 工程管理;高速公路;绿色施工;层次分析法(AHP);模糊综合评价

中图分类号:U415.1

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2019)01-0152-04

相比于房屋建筑在绿色发展方面的进步,公路建设上的绿色发展相对滞后。借鉴绿色建筑的发展成果及相关政策,结合建质[2007]223号《绿色施工导则》与GB/T 50640—2010《建筑工程绿色施工评价标准》,在绿色施工中要实现的五要素为“四节一环保”,即节能、节地、节水、节材和环境保护。中国人多地少、后备资源不足、建设用地粗放、土地利用结构和布局不合理等基本国情决定了节约集约用地势在必行,且节地与土地资源保护满足国家建设资源节约型、环境友好型社会的要求。对高速公路施工过程进行节地与用地保护评价具有重要意义,它不仅是基于高速公路建设特点的要求,也是在国家提出绿色发展的大环境下对土地使用标准的必要补充。通过评价,可督促绿色施工的有效实施,减小公路建设对资源与环境的负面影响,还能归纳、总结、提炼经典案例和经验,从而大力推广和推动节地技术与节地模式,提升土地利用科学管理水平。

1 高速公路绿色施工节地评价体系构建

GB/T 50640—2010《建筑工程绿色施工评价标准》中有五大评价要素,其中关于节地与土地资源保护的一般项中,将分项分为节约用地与用地保护两

大类。鉴于高速公路绿色施工节地评价的多目标及定量与定性相结合的特性,采用层次分析法(AHP)构建评价体系。

1.1 递阶层次结构的构建

1.1.1 评价指标选取原则

指标层的评价指标选取原则一般包括系统性、相关性、典型性、有效性、独立性、可操作性原则。此外,同一层之间的指标既要全面反映对象的总体特性,又要避免相互重叠。考虑到指标的性质,还要遵守定量指标与定性指标相结合的原则。选取的指标既要如实反映高速公路项目的实际情况,又要尽量避免人为主观性的影响,体现科学性,形成有层次、有重点的递阶指标体系。

1.1.2 评价指标的选取

从AHP法的原理出发,将评价体系由上至下分为目标层、准则层、指标层。目标层为高速公路绿色施工节地与土地资源保护评价。将节地分为临时设施节地与临时工程节地,将用地保护分为永久用地环保与周边地域绿色环保,即准则层包含4项指标。结合高速公路为线性构造、跨越区域广、占地面积大等特性及其不同于建筑工程的施工特点,构建表1所示高速公路绿色施工节地评价指标体系。

表1 高速公路绿色施工节地评价指标体系

目标层	准则层	指标层
高速公路绿色施工节地评价 A	临时设施节地 B ₁	临时设施结合既有建筑程度 C ₁₁
		生活区、生产区临时设施标准化建设水平 C ₁₂
		场内运输节约率 C ₁₃
	临时工程节地 B ₂	施工临时道路合理规划程度 C ₂₁
		施工临时工程永临结合程度 C ₂₂
		采取移挖作填,集中取、弃土措施的程度 C ₂₃

续表 1

目标层	准则层	指标层
高速公路绿色施工节地评价 A	永久用地环境保护 B ₃	绿色施工方案的优化程度 C ₃₁
		防止水土流失措施的完善程度 C ₃₂
	周边地域绿色保护 B ₄	临时用地利用荒地、废弃地程度 C ₄₁
		施工现场排水系统的完善程度 C ₄₂
		土方临时堆放环保措施的完善程度 C ₄₃
		临时用地复垦工程的完善程度 C ₄₄

1.2 评价指标的赋权

从表 1 来看,指标层的指标大多无法精确化,许多指标的程度评价存在模糊性,传统的 AHP 法权重计算不能满足评价的科学性要求,故将模糊集合的概念及运算应用于 AHP 法的赋权过程中。同时为减少专家打分环节带来的主观性影响,提高打分的合理性和准确性,除扩大样本数量外,在打分环节引入三角模糊数。

(1) 引入 0.1~0.9 九标度。由于 1~9 九标度不适用于模糊综合评价,通过转换式把性能较好的指标标度引入模糊层次分析法,得出 0.1~0.9 九标度(见表 2)。专家根据该标度打分,每位专家的打分 $a_{ij}=(l_{ij}, m_{ij}, s_{ij})$ 构成一个三角模糊数,其中 l_{ij} 、 m_{ij} 、 s_{ij} 分别表示专家对同一约束下因素两两重要性比较后得到的上界值、中值和下界值。

(2) 构造三角模糊数互补判断矩阵。根据表 2 所示标度设计评价指标权重调查问卷,收集、整理专家的打分结果,构成 5 个对应的三角模糊数互补判

断矩阵。如准则层 4 个因素构成一个 4×4 三角模糊数互补判断矩阵,每两个因素之间的重要性比较构成一个三角模糊数(见表 3)。同理,可得到指标层下另外 4 个三角模糊数互补判断矩阵,分别表示准则层中 4 个因素下的三角模糊数互补判断矩阵,在此不再赘述。

表 2 0.1~0.9 九标度

0.1~0.9 九标度(a_{ij})	含义
0.100	因素 j 极端重要于因素 i
0.138	因素 j 强烈重要于因素 i
0.325	因素 j 明显重要于因素 i
0.439	因素 j 稍微重要于因素 i
0.500	因素 i 与因素 j 同样重要
0.561	因素 i 稍微重要于因素 j
0.675	因素 i 明显重要于因素 j
0.862	因素 i 强烈重要于因素 j
0.900	因素 i 极端重要于因素 j
$l_{ij} + s_{ji} = 1, l_{ji} + s_{ij} = 1, l_{ii} = 0.5, m_{ii} = 0.5, s_{ii} = 0.5$	

表 3 准则层三角模糊数互补判断矩阵

B	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
B ₁	[0.5,0.5,0.5]	[0.561,0.675,0.862]	[0.675,0.862,0.9]	[0.561,0.675,0.862]
B ₂	[0.138,0.325,0.439]	[0.5,0.5,0.5]	[0.561,0.675,0.862]	[0.325,0.439,0.561]
B ₃	[0.1,0.138,0.325]	[0.138,0.325,0.439]	[0.5,0.5,0.5]	[0.138,0.325,0.439]
B ₄	[0.138,0.325,0.439]	[0.439,0.561,0.675]	[0.561,0.675,0.862]	[0.5,0.5,0.5]

(3) 计算模糊程度值。设相对于上层次某因素的同层次元素数量为 n , p_i 为第 i 个元素相对于所属上一因素的模糊程度值,则 p_i 可按式(1)计算。按式(1)计算得准则层 4 项因素的模糊程度值分别为: $p_1=(0.238, 0.339, 0.493)$; $p_2=(0.158, 0.242, 0.373)$; $p_3=(0.091, 0.161, 0.269)$; $p_4=(0.169, 0.258, 0.391)$ 。

(4) 建立模糊互补判断一致矩阵。通过对模糊程度值进行两两比较,得到权重。设 $p_i=(l_i, m_i, s_i)$ 、 $p_j=(l_j, m_j, s_j)$,则 $p_i \geq p_j$ 的可能度见式(2)。

$$p_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} = \left[\frac{\sum_{j=1}^n l_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n s_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^n m_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}}, \frac{\sum_{j=1}^n s_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n l_{ij}} \right] \quad (i=1,2,\cdots,n) \tag{1}$$

据此建立可能度矩阵 $P=(p_{ij})_{n \times n}$, P 也是一个模

模糊互补判断一致矩阵。通过式(2)计算得到准则层的可能度矩阵(见表4)。

$$p_{ij} = p(p_i \geq p_j) = \lambda \max\{1 - \max(\frac{m_j - l_i}{m_i - l_i + m_j - l_j}, 0), 0\} + (1 - \lambda) \max\{1 - \max(\frac{s_j - m_i}{s_i - m_i + s_j - m_j}, 0), 0\} \quad (2)$$

式中: $\lambda \in [0, 1]$, 取 $\lambda = 0.5$, 属于风险中立。

表4 准则层可能度矩阵

P	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$
$i=1$	1	0.927 865	1	0.857 112
$i=2$	0.072 135	1	0.933 806	0.429 362
$i=3$	0	0.066 194	1	0.023 230
$i=4$	0.142 888	0.570 638	0.976 770	1

(5) 权重计算。将可能度矩阵 P 的行元素求和, 并进行归一化, 得到同一约束条件下的因素权重向量 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 。高速公路绿色施工节地指标的权重分布见表5、表6。

表5 高速公路绿色施工节地评价准则层指标的权重

评价指标	权重	评价指标	权重
B_1	0.378	B_3	0.109
B_2	0.244	B_4	0.269

表6 高速公路绿色施工节地评价指标层指标的权重

评价指标	权重	评价指标	权重
C_{11}	0.336	C_{31}	0.333
C_{12}	0.212	C_{32}	0.667
C_{13}	0.452	C_{41}	0.331
C_{21}	0.368	C_{42}	0.301
C_{22}	0.336	C_{43}	0.236
C_{23}	0.296	C_{44}	0.132

2 评价模型的构建

高速公路绿色施工节地评价体系中的指标大部分为定性指标, 很多概念不确定, 具有模糊性, 采用多级模糊综合评价方法, 利用各个级别的权重级数逐级评判, 直到得到综合评价结论。

2.1 确定评价等级集合

为提高评价结果的准确性, 采用五级评分制, 设定评价等级集合 $V = \{\text{完全绿色, 基本绿色, 勉强绿色, 稍微绿色, 非绿色}\} = \{1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2\}$ 。对于指标层中的定性指标, 专家根据实际情况对评价

对象的实现程度赋予分值。对于指标层中的唯一定量指标即场内运输节约率, 采取表7评分标准, 转换为对应等级的分值。

表7 定量指标的评价标准

评价等级	场内运输节约率
完全绿色	$[0.7, 1)$
基本绿色	$[0.5, 0.7)$
勉强绿色	$[0.3, 0.5)$
稍微绿色	$[0.1, 0.3)$
非绿色	$(0, 0.1)$

2.2 建立模糊关系矩阵

对于 B 层中同一因素下 C 层中的某一指标 i , 评价主体对其作出 V_j 评价的可能性程度即隶属度为 r_{ij} , 指标 i 的模糊关系矩阵为:

$$R_i = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im}\}$$

式中: $i = 1, 2, \dots, n; n$ 为同一因素下评价指标个数;

$$\sum_{j=1}^m r_{ij} = 1; m \text{ 为评价等级的个数。}$$

B 层中该因素下指标层的模糊关系矩阵为:

$$R = (R_1, R_2, \dots, R_n)^T = (r_{ij})_{n \times m}$$

2.3 构成模糊评价向量

通过模糊合成算子, 将对应的权重矩阵 W 与模糊关系矩阵 R 进行变换, 得到评价向量 S :

$$S = W^T \odot R = (w_1, w_2, \dots, w_n) \odot$$

$$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} = (s_1, s_2, \dots, s_n) \quad (3)$$

在4种常用模糊合成算子中, 选择体现权数作用且综合程度强的 $M(\cdot, \oplus)$ 算子:

$$s_k = \min\left\{1, \sum_{i=1}^n w_i r_{ik}\right\} \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

通过 $M(\cdot, \oplus)$ 算子计算得到模糊评价向量 $S = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ 。

2.4 构建多层次评价模型

针对多层次评价体系, 由下至上构建评判模型。先构建 C 层相对于 B 层的一级模糊评价模型, 得到准则层下评价模型 $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)^T$ 。再构建 B 层相对于 A 层的二级模糊评价模型, 得到评价模型 Q :

$$Q = W^T \cdot S \quad (5)$$

式中: W 为 A 层下 B 层的权重向量。

3 案例分析

湖南省某在建高速公路项目全长 50.38 km,为拓改工程,分 3 个合同段进行施工,全线有多处隧道、桥梁、互通式立体交叉等大型构造物,施工占地面积较大。下面对该高速公路项目进行节地与土地资源保护评价。

选取 20 位拥有 10 年以上相关工作经验的专家,在对该项目进行深入研究后,以表 1 中 C 层指标层为分项进行打分,打分结果共分 5 个等级,分别为完全绿色、基本绿色、勉强绿色、稍微绿色、非绿色。根据评分结果,采用上述模糊综合评价法构建评价模型进行评价。

3.1 构建模糊关系矩阵

对 20 位专家的打分结果进行分析,得到指标层对各评价等级的隶属度(见表 8)。

表 8 指标层对评价等级的隶属度

指标层	对应评价等级的隶属度				
	完全绿色	基本绿色	勉强绿色	稍微绿色	非绿色
C ₁₁	0.30	0.30	0.35	0.05	0.00
C ₁₂	0.25	0.35	0.30	0.10	0.00
C ₁₃	0.30	0.25	0.25	0.20	0.00
C ₂₁	0.25	0.40	0.25	0.05	0.05
C ₂₂	0.20	0.35	0.30	0.10	0.05
C ₂₃	0.30	0.30	0.35	0.05	0.00
C ₃₁	0.20	0.35	0.30	0.10	0.05
C ₃₂	0.25	0.25	0.30	0.15	0.05
C ₄₁	0.35	0.35	0.25	0.05	0.00
C ₄₂	0.30	0.35	0.25	0.10	0.00
C ₄₃	0.30	0.30	0.35	0.05	0.00
C ₄₄	0.25	0.35	0.30	0.05	0.05

由表 8 得到模糊关系矩阵:

$$\begin{aligned} R_1 &= \begin{bmatrix} 0.30 & 0.30 & 0.35 & 0.05 & 0 \\ 0.25 & 0.35 & 0.30 & 0.10 & 0 \\ 0.30 & 0.25 & 0.25 & 0.20 & 0 \end{bmatrix} \\ R_2 &= \begin{bmatrix} 0.25 & 0.40 & 0.25 & 0.05 & 0.05 \\ 0.20 & 0.35 & 0.30 & 0.10 & 0.05 \\ 0.30 & 0.30 & 0.35 & 0.05 & 0.00 \end{bmatrix} \\ R_3 &= \begin{bmatrix} 0.20 & 0.35 & 0.30 & 0.10 & 0.05 \\ 0.25 & 0.25 & 0.30 & 0.15 & 0.05 \end{bmatrix} \\ R_4 &= \begin{bmatrix} 0.35 & 0.35 & 0.25 & 0.05 & 0.00 \\ 0.30 & 0.35 & 0.25 & 0.10 & 0.00 \\ 0.30 & 0.30 & 0.35 & 0.05 & 0.00 \\ 0.25 & 0.35 & 0.30 & 0.05 & 0.05 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

3.2 模糊评价向量

按式(3)、式(4)计算得到准则层中因素的模糊评价向量 s_k 。设 W_i 为准则层中第 i 个因素下指标层的权重向量,则:

$$s_1 = W_1^T \cdot R_1 = (0.289\ 4\ 0.288\ 0\ 0.294\ 2\ 0.128\ 4\ 0.000\ 0)$$

同理可得:

$$s_2 = (0.248\ 0\ 0.353\ 6\ 0.296\ 4\ 0.066\ 8\ 0.035\ 2)$$

$$s_3 = (0.233\ 350\ 0.283\ 300\ 0.300\ 000\ 0.133\ 350\ 0.050\ 000)$$

$$s_4 = (0.309\ 95\ 0.338\ 20\ 0.280\ 20\ 0.065\ 05\ 0.006\ 60)$$

3.3 构建模糊评价模型

构建一级模糊评价模型,C 层相对于 B 层的评价模型 $S = (s_1, s_2, s_3, s_4)^T$ 。根据式(5)构建二级模糊评价模型:

$$Q = W^T \cdot S = (0.278\ 717\ 0.316\ 998\ 0.291\ 603\ 0.096\ 868\ 0.015\ 814)$$

3.4 模糊综合评价结果

对模糊评价模型 Q 赋予评价等级对应的分值,得到评分 P :

$$P = V \cdot Q^T = 0.749\ 187$$

该评分对应的等级为基本绿色,即该高速公路项目的节地与土地资源保护评价结果为基本绿色。

除可对项目进行总评价外,还可采用同样的方法得到准则层中每个因素的评价等级,发现项目建设中存在的问题,及时采取措施加以解决,实现对土地资源的动态管理。

4 结语

高速公路项目属于民生工程,其土地使用关乎民生大计。在高速公路项目的施工阶段进行节地与土地资源保护评价,将目标逐层分解、落实到指标层上,可及时发现问题并加以解决,实现对土地资源的动态管理。该文借鉴相关绿色施工规范,结合高速公路施工特点构建高速公路节地与土地资源保护评价指标体系,采用模糊综合评价方法得到评价结果。由于指标概念模糊及相邻层因素之间的关系模糊,采用模糊综合评价方法替代传统 AHP 法更合理有效。下一步高速公路节地评价的重心应放在指标体系的完善上,包括评价指标的改进、指标的量化及上

(下转第 159 页)

人员的廉洁从业意识,守住廉洁从业底线。

(7) 咨询专家下基层送技术服务。咨询专家下基层就项目建设技术难点进行充分交流和指导,并现场解答施工单位提出的技术难题。

3.3 实施效果

(1) 利用代建单位管理人员的专业化优势,缓解项目法人难以临时组织到理想的专业管理人员的难题。代建指挥部充分发挥技术力量雄厚、经验丰富的优势,与施工单位在技术层面上多方论证施工专项方案,积极协调业主单位调整施工方案,在一定程度上降低工期和成本风险。

(2) 优化组织管理机构,减少代建单位和监理单位机构的重复设置,降低项目建设管理成本,让“最多跑一次”成为可能。

(3) 通过约束激励机制,利用代建单位的技术资源优化设计控制变更,合理节约工程造价,有效控制项目投资。

(4) 工作效率明显提升。将项目的质量、进度、安全、工程变更等目标分解到部门,落实到个人。一岗多责,绩效工资与考核相挂钩,增强工作人员的责任感、危机感和工作积极性。

4 结语

“代建+监理”模式的创新成果如下:1) 模式创新。“代建+监理”模式将代建与监理工作深度融合,由代建人承担代建与监理职责,精简管理人员,优化管理流程,形成代建+监理的融合型公路项目建设管理模式。2) 管理机制创新。通过代建企业

组建的代建指挥部开展“代建+监理”模式下的项目管理,是真正意义上的市场化运作模式,在全国公路建设管理体制上为首创。3) 项目管理组织架构创新。业主、代建方工作界面划分明确,代建单位组建代建指挥部;代建指挥部领导层由指挥长、总工程师、总监理工程师组成,总监既负责工程管理又负责工程监理,充分发挥监理人员在工程管理中的技术优势。公路建设项目“代建+监理”管理模式为今后整合代建与监理管理机制、推行交通建设专业化管理模式指明了方向。

参考文献:

- [1] 刘惠婷,杨文广.公路项目建设管理三种模式比较分析与选择[J].中国工程咨询,2017(7).
- [2] 蒲华,习明星.基于监管一体化与设计施工总承包的高速公路项目管理模式研究[J].公路与汽运,2015(6).
- [3] 刘勇,泮俊,汪劭祯.海南琼乐高速公路代建与监理一体化模式应用研究[J].公路交通科技:应用技术版,2017(5).
- [4] 杨仲元.公路工程竣工资料管理[M].北京:中国电力出版社,2010.
- [5] 习明星.公路建设项目改进的传统模式试点与探索[J].中国工程咨询,2017(10).
- [6] 杨文广.公路代建与咨询行业发展浅谈[J].中国工程咨询,2016(2).
- [7] 张中林.公路项目代建制管理探讨[J].交通标准化,2014(1).

收稿日期:2018-08-19

(上接第155页)

下层次间的影响程度,建立更先进的土地利用评价体系,更好地指导绿色公路建设。

参考文献:

- [1] 建质[2007]223号,绿色施工导则[S].
- [2] GB/T 50640-2010,建筑工程绿色施工评价标准[S].
- [3] 林钧昌,徐泽水.模糊 AHP 中一种新的标度法[J].运筹与管理,1998(2).
- [4] 彭鹏菲.基于模糊层次分析与指标体系的系统效能评估方法[A].2006 中国控制与决策学术年会论文集[C].2006.
- [5] 张浩.管理科学研究模型与方法[M].北京:清华大学出版社,2016.
- [6] 杜栋,庞庆华,吴炎.现代综合评价方法与案例精选

[M].北京:清华大学出版社,2015.

- [7] 冯向前,魏翠萍,李宗植,等.三角模糊数互反判断矩阵的一致性及其排序研究[J].统计与决策,2007(7).
- [8] Mahrokh Keshvari. The effect of family-centered empowerment model(FCEM) on the blood pressure and dimensions of empowerment in elderly people with hypertension in lenjan health center in 2013[A]. Global Research & Development Service. Proceedings of 5th International Conference on Health Care and Life Science Research (ICHLSR) [C]. 2015.
- [9] 王城超,邹强,贾汝娜,等.基于改进 AHP-FCEM 的导弹装备“三化”程度综合评估[J].计算机与数字工程,2018,46(9).

收稿日期:2018-10-31