

基于 AHP-EWM 的农村公路绩效评价体系研究<sup>\*</sup>

任海林

(河南交通发展研究院有限公司, 河南 郑州 450053)

**摘要:**农村公路作为道路系统的基础,其效益评价非常重要。文中针对农村公路绩效评价体系不完善的问题,基于农村公路的基本特性,总结农村公路绩效评估内容,考虑主观与客观因素,融合层次分析法(AHP)与熵权法(EWM)构建绩效指标权重耦合模型,建立农村公路效益评价模型;将该评价模型应用于河南省“四好农村路”绩效评价,结果表明,河南省“四好农村路”建成后对农村公路的潜在效益、间接效益、持续效益的提升较大,特别是对乘客出行时间及设施有效性提升显著,对开发效益和投入效益的提升稍小,对经济提升、土地价格上涨的影响较小。

**关键词:**农村公路;绩效评价;层次分析法(AHP);熵权法(EWM);权重耦合模型

**中图分类号:**U415.13

**文献标志码:**A

**文章编号:**1671-2668(2022)05-0131-04

农村公路作为公路网络的基础,是城乡统筹实现可持续发展的重要纽带。农村公路建设可改善农村运输条件、促进农村经济发展、提高农村生活质量,在交通发展和道路建设中具有基础性和带动作用。

现有公路评估指标研究主要集中于公路养护质量、管理体系、可持续发展及安全评价,对于建成后效益评估等的研究不足。袁春毅、黄木林、Hung A. 等考虑路面、路基、桥隧等公路相关设施,提出了农村公路质量评估标准与方法。薛亚东、马书红、冯成奎等在总结已有管理体系及安全评价指标的基础上,引入科学量化效益分析方法进行公路绩效评价。张生瑞、徐淑雨、Hull B. 等基于公路建设要求,提出了基于可持续发展、社会效益的公路建设项目综合评价方法。该文以河南省“四好农村路”效益评价为例,通过分析农村公路建设项目的社会影响,确认农村公路评价指标体系,采用层次分析法(AHP)和熵权法(EWM)量化指标权重,构建评价模型,实现对农村公路效益的量化评估。

## 1 农村公路评价体系要求

农村公路是国民经济发展的一项重要交通基础设施,是国家公路网的重要组成部分,必须重视农村公路项目设计、运营及管理各阶段高效衔接,确保政策执行的科学性、资金管理的合理性、建设程序的

规范性、运维管养的连续性等,农村公路绩效评价体系应涉及进程管控、工序把控、规划执行、社会效益、环境效益等多方面。

农村公路大多数呈分散布局,且建设项目多,管理机制不够完善。农村公路评价中宜将道路体系作为一个整体,分析项目建成后的持续效益、投入效益、间接效益、开发效益、潜在效益等。

## 2 绩效评价指标体系

### 2.1 评价指标选择

对农村公路绩效评估体系进行分解,按照逻辑推演法选取评估指标,结合文献[13-14],确定评价指标。综合考虑农村公路的特性,将指标库分成一级、二级指标体系(见图1)。

### 2.2 EWM 模型

EWM 法采用熵量化无序系统中各指标,根据指标无序性(混乱程度或变异性)确定指标权重。评估指标的熵越大,该指标所包含的信息值越少,作用越小;反之,该指标作用越大。

#### 2.2.1 农村公路效益熵求解

结合熵的概念及服务设施对农村公路建设的影响,定义二级指标熵值,这些熵值可用来表示该指标的效益程度。

选择  $m$  个评价指标评估  $n$  个对象,得到矩阵  $X = (X_{ij})_{mn}$ :

<sup>\*</sup> 基金项目:河南省交通运输厅科技项目(2020G-2-3)

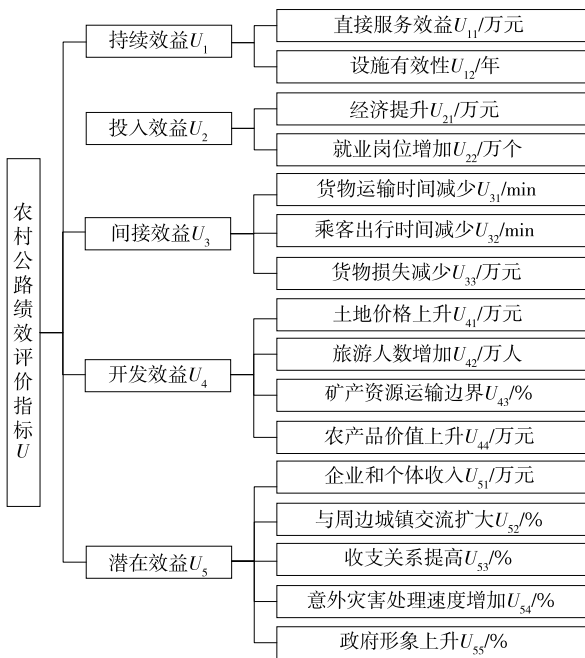


图1 农村公路绩效评价指标体系

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

对数据进行标准化处理,获取无量纲数据,构成矩阵  $C = (k_{ij})_{mn}$ 。  $k_{ij}$  表示第  $i$  个指标在评估对象上的值,  $0 < k_{ij} < 1$ ,按下式计算:

$$k_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (2)$$

式中:  $x_{ij}$  ( $i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$ ) 为各指标值。

指标  $i$  的熵值  $e_i$  可表示为:

$$e_i = -\frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n f_{ij} \cdot \ln f_{ij} \quad (3)$$

$$f_{ij} = \frac{k_{ij}}{\sum_{j=1}^n k_{ij}}; i=1,2,\dots,m \quad (4)$$

式中:  $k_{ij}$  为原始数据的标准化值。

### 2.2.2 权重计算

农村公路评估指标的部分因素无法直接量化分析,需根据专家经验对其进行判断打分,存在一定主观性。因此,综合应用主观、客观因素,结合 AHP 法和 EWM 法,依据专家经验将各级指标按重要性分类,确定指标的相对重要程度,以此确定各指标的相对权重。

(1) 应用 AHP 法求解指标主观权重。AHP 法按照因素间的分层及隶属关系对指标进行归类处理,对每个指标根据专家意见给出定量表示,利用统

计分析知识计算指标权重。结合标度法构成判断矩阵  $P_{ij}$  ( $i, j \in [1, m]$ ), 标度法取值为 1~9, 如表 1 所示, 标度值越大,  $i$  的重要度越大; 标度值的倒数越大,  $j$  指标更重要。为避免主观性, 按式 (5) 对矩阵进行一致性检验,  $CR$  小于 0.1, 表示判断矩阵的一致性符合要求。得到最大特征值  $\lambda_m$  的标准化向量  $A$ , 即 AHP 法的权重[见式 (6)]。

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

式中:  $CI$  为一致性指标,  $CI = (\lambda_m - n) / (n - 1)$ ;  $\lambda_m$  表示最大特征根; 不同维度下  $RI$  值见表 2。

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_m)^T$$

$$a_i = \frac{\sqrt[m]{\prod_{j=1}^m p_{ij}}}{\sum_{i=1}^m \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m p_{ij}}} \quad (6)$$

式中:  $p_{ij}$  表示指标  $i$  对  $j$  的重要程度。

表1 标度法标度值及解释

标度值	相关重要度解释
1	$i$ 和 $j$ 一样重要
3	$i$ 比 $j$ 重要一点
5	$i$ 比 $j$ 明显重要
7	$i$ 比 $j$ 重要很多
9	$i$ 比 $j$ 重要极多
2, 4, 6, 8	表示介于上述之间

表2 不同维度下  $RI$  值

维数	$RI$	维数	$RI$
1	0.00	6	1.26
2	0.00	7	1.36
3	0.52	8	1.41
4	0.89	9	1.46
5	1.12	10	1.49

(2) 应用 EWM 法求解客观权重。应用 EWM 法对评价指标信息进行量化处理, 根据式 (3), 得到指标  $i$  的 EWM 权重[见式 (7)]。EWM 法的权重向量  $F = (t_1, t_2, \dots, t_m)^T$ 。

$$t_i = \frac{1 - e_i}{\sum_{i=1}^m (1 - e_i)} \quad (7)$$

(3) 确定综合权重。应用 AHP 法和 EWM 法得到的权重向量分别为  $A$ 、 $T$ , 综合权重  $w_i$  为:

$$w_i = \frac{a_i t_i}{\sum_{i=1}^m (a_i t_i)} \quad (8)$$

(4) 农村公路绩效评级指标效益熵求解。考虑农村公路的特性,结合以上权重,按下式计算农村公路绩效评级指标效益熵  $E$ :

$$E = \sum_{i=1}^m (\omega_i e_i) \quad (9)$$

### 3 评价模型应用

#### 3.1 求解各指标熵值

以河南省“四好农村路”绩效评价为例进行分析。先对相关数据进行调查,再邀请 3 位专家对相关指标进行评分,构建判断矩阵,获得效益熵基础数据(见表 3)。

表 3 河南省“四好农村路”基础数据打分

指标	专家评分原始数据			专家评分标准化数据		
	1	2	3	1	2	3
$U_{11}$	8.2	7.6	9.0	0.91	0.84	1.00
$U_{12}$	6.3	6.2	5.8	1.00	0.98	0.92
$U_{21}$	3.8	2.1	3.4	1.00	0.55	0.89
$U_{22}$	3.5	4.1	3.8	0.85	1.00	0.93
$U_{31}$	5.9	5.8	6.1	0.97	0.95	1.00
$U_{32}$	7.3	6.8	5.9	1.00	0.93	0.81
$U_{33}$	6.4	5.4	6.5	0.98	0.83	1.00
$U_{41}$	7.4	6.7	7.4	1.00	0.91	1.00
$U_{42}$	7.6	8.3	6.5	0.92	1.00	0.78
$U_{43}$	3.0	2.6	2.6	1.00	0.87	0.87
$U_{44}$	7.1	6.1	5.6	1.00	0.86	0.79
$U_{51}$	3.3	2.5	2.7	1.00	0.76	0.82
$U_{52}$	3.1	4.2	3.7	0.74	1.00	0.88
$U_{53}$	7.7	8.8	7.7	0.88	1.00	0.88
$U_{54}$	6.2	6.2	7.5	0.83	0.83	1.00
$U_{55}$	2.0	1.4	1.8	1.00	0.70	0.90

对表 3 中基础数据进行标准化处理,得到标准化矩阵。一级指标  $U_1$  对应的标准化矩阵  $C_1$  为:

$$C_1 = \begin{bmatrix} 0.91 & 0.84 & 1 \\ 1 & 0.98 & 0.92 \end{bmatrix}$$

同理可得  $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ 、 $C_5$ 。

按式(3)计算各二级指标的熵值,得:

$$E_1 = (0.546, 0.741)$$

$$E_2 = (0.384, 0.462)$$

$$E_3 = (0.592, 0.741, 0.651)$$

$$E_4 = (0.312, 0.422, 0.514, 0.628)$$

$$E_5 = (0.438, 0.524, 0.483, 0.462, 0.471)$$

#### 3.2 确定权重

##### 3.2.1 主观权重求解

根据二级指标的熵值,结合表 1 所示标度值,利用 AHP 法确定各指标权重,得到各一级指标的评分(见表 4)。

表 4 一级指标的得分

$U$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$	$U_5$
$U_1$	1	3	4	5	7
$U_2$	1/3	1	2	3	5
$U_3$	1/4	1/2	1	1/3	4
$U_4$	1/5	1/3	3	1	2
$U_5$	1/7	1/5	1/4	1/2	1

根据表 4 构建判断矩阵  $P$ ,结合表 2 及式(5)进行一致性检验, $CR = 0.057 < 0.1$ ,一致性检验结果满足要求。

结合式(6),得到一级指标的主观权重:

$$A_0 = (0.191, 0.155, 0.225, 0.271, 0.157)$$

二级指标的主观权重为:

$$A_1 = (0.394, 0.606)$$

$$A_2 = (0.426, 0.574)$$

$$A_3 = (0.313, 0.361, 0.326)$$

$$A_4 = (0.288, 0.183, 0.225, 0.304)$$

$$A_5 = (0.262, 0.157, 0.261, 0.166, 0.154)$$

##### 3.2.2 客观权重求解

按式(7)计算一级、二级指标的客观权重。一级指标的客观权重为:

$$T_0 = (0.203, 0.211, 0.194, 0.182, 0.210)$$

二级指标的客观权重为:

$$T_1 = (0.637, 0.363)$$

$$T_2 = (0.534, 0.466)$$

$$T_3 = (0.402, 0.255, 0.343)$$

$$T_4 = (0.324, 0.272, 0.229, 0.175)$$

$$T_5 = (0.214, 0.182, 0.197, 0.205, 0.202)$$

##### 3.2.3 综合权重计算

根据式(8),结合主观权重及客观权重公式,计算综合权重。一级指标的综合权重为:

$$W_0 = (0.196, 0.166, 0.221, 0.250, 0.167)$$

二级指标的综合权重为:

$$W_1 = (0.533, 0.467)$$

$$W_2 = (0.461, 0.539)$$

$$W_3 = (0.381, 0.279, 0.340)$$

$$W_4 = (0.377, 0.201, 0.208, 0.214)$$

$$W_5 = (0.279, 0.141, 0.255, 0.169, 0.156)$$

### 3.3 效益熵求解

根据式(9),结合综合权重值,计算农村公路的效益熵。指标熵值、权重及整体效益熵见表5。

表5 指标综合权重及效益熵

二级指标	熵值	权重	一级指标	熵值	权重	效益熵
$U_{11}$	0.546	0.533	$U_1$	0.425	0.196	0.425
$U_{12}$	0.741	0.467				
$U_{21}$	0.384	0.461				
$U_{22}$	0.462	0.539	$U_2$	0.384	0.166	
$U_{31}$	0.592	0.381				
$U_{32}$	0.741	0.279				
$U_{33}$	0.651	0.340	$U_3$	0.452	0.221	
$U_{41}$	0.312	0.377				
$U_{42}$	0.422	0.201				
$U_{43}$	0.514	0.208	$U_4$	0.385	0.250	
$U_{44}$	0.628	0.214				
$U_{51}$	0.438	0.279				
$U_{52}$	0.524	0.141	$U_5$	0.491	0.167	
$U_{53}$	0.483	0.255				
$U_{54}$	0.462	0.169				
$U_{55}$	0.471	0.156				

由表5可知:1)5个一级指标的效益水平从高到低分别为潜在效益 $U_5$ 、间接效益 $U_3$ 、持续效益 $U_1$ 、开发效益 $U_4$ 、投入效益 $U_2$ ,且 $U_5$ 、 $U_3$ 、 $U_1$ 明显高于 $U_4$ 、 $U_2$ ,表明河南省“四好农村路”建设的主要作用在于项目建成后的潜在效益、间接效益和持续效益,如随着道路建设完成,居民人均收入大幅增加,政府形象显著提升,城镇之间的贸易、交流较大增加。开发效益和投入效益增加幅度稍小,如对于就业岗位、旅游业、矿产资源的提升稍小。这可能是因为在农村,就业、旅游业、矿产资源本来就少,道路提升后,这些方面不会有太大变化。2)二级指标中,乘客出行时间 $U_{32}$ 及设施有效性 $U_{12}$ 的熵值超过0.7,表明“四好农村路”建成后对减少乘客出行时间、提高设施有用率有较大作用;经济提升 $U_{21}$ 、土地价格上涨 $U_{41}$ 的熵值较低,表明农村公路建设对于整体经济、当地土地的影响稍小,不会产生非常大的拉升作用。

## 4 结语

本文基于农村公路的特性,明晰农村公路社会经济绩效评价的内容,建立绩效评价指标体系,融合AHP法和EWM法构建综合权重模型对农村公路绩效进行评价。结果表明,“四好农村路”建设对农

村公路的潜在效益、间接效益、持续效益提升较大,特别是对乘客出行时间及设施有效性的提升显著,对开发效益和投入效的提升稍小,对经济提升、土地价格上涨的影响较小。分析结果与实际情况相符,采用EWM法和AHP法评价农村公路具有较好的效果。研究结果对于明确农村公路社会效益的构成及重点,确定今后农村公路的建设方向和建设重点具有一定指导意义。

### 参考文献:

- [1] 顾赛男,吴建明.贫困地区农村公路发展探析[J].公路,2021(3):253-257.
- [2] 覃永晖,王广明.西部地区农村公路建设的研究:以西藏自治区为例[J].中外公路,2011,31(5):271-275.
- [3] 袁春毅,王朝辉,陈希梅.农村公路建设后评价体系研究[J].公路,2009(7):242-246.
- [4] 黄木林.基于指标体系法的高速公路工程环境影响分析评估研究[J].公路,2017(8):261-264.
- [5] HUNG A,LI L Y,SWEI O.Evaluation of permeable highway pavements via an integrated life-cycle model[J].Journal of Cleaner Production,2021,314:128043.
- [6] 薛亚东,董宏鑫,李彦杰.山岭公路隧道施工安全风险评估理论体系[J].天津大学学报(自然科学与工程技术版),2019,52(增刊1):84-91.
- [7] 马书红,向前忠,唐珂,等.高速公路营运期能耗体系与统计指标研究[J].公路,2013(10):146-150.
- [8] 冯成奎,杜召华,曾威,等.浅埋偏压隧道施工效益评估指标体系的研究[J].公路工程,2018,43(2):45-48+100.
- [9] 张生瑞,邵春福,严海.公路交通可持续发展评价指标及评价方法研究[J].中国公路学报,2005,18(2):74-78.
- [10] 徐淑雨,贾元华.基于灰色系统理论的公路项目社会效益评价[J].交通运输系统工程与信息,2006,6(1):118-122.
- [11] HULL B.The role of elasticity in supply chain performance[J].International Journal of Production Economic,2005,98(3):301-314.
- [12] 交通部科学研究院.交通预算项目绩效评价指标体系问题研究(讨论稿)[Z].北京:交通部科学研究院,2006.
- [13] 单飞,聂世刚,任海林,等.“四好农村路”交通强国建设试点的绩效考评研究[J].公路,2021(8):247-252.
- [14] 刘锐生.基于模糊层次分析法的服役桥梁维修方案评价[J].公路与汽运,2021(1):133-136.

(下转第138页)