基于模糊层次分析的土地平整工程综合效益评价

——以重庆市忠县石宝镇新政村、 凉水村高标准农田建设项目为例

蔡朕¹ 鲍静媛² 李云²¹

(1. 重庆市森林草原火灾预防预警监测中心, 重庆 401147;

2. 重庆市规划和自然资源调查监测院, 重庆 401121)

【摘要】: 以重庆市忠县石宝镇新政村、凉水村高标准农田建设项目为例, 综合考量经济、社会、生态三方面效益, 运用层次分析法和模糊综合评价法对土地平整工程进行了实施后效益评价。结果表明, 研究区土地平整工程综合效益为良, 其中经济效益为良, 社会效益为优, 生态效益为良。

【关键词】: 土地平整 效益评价 模糊层次分析 重庆忠县

【中图分类号】 S159.2 **【文献标识码】** A

土地平整工程作为土地整治的核心, 在土地整治工程中处于首要位置, 是其余工程实施的前提和基础, 是实现土地整治效益的重要途径。从现有的研究成果来看, 国内外学者针对土地整治的整体效益^[1,2,3,4]或者某一影响方面^[5,6,7]的研究较多, 鲜有对于某一具体工程, 特别是土地平整工程效益的研究, 且尚未形成相关规程或标准。基于此, 本研究以重庆市忠县石宝镇新政村、凉水村高标准农田建设项目为例, 综合考量经济、社会、生态三方面效益, 基于层次分析法和模糊综合评价法对土地平整工程实施后的效益开展评价研究, 以为土地平整工程技术应用提供科学反馈和决策, 提高工程建设水平, 实现效益最大化。

1 研究方法

土地平整工程效益评价是一个多目标、多准则综合评价体, 其指标体系由相互联系、相互依赖的众多定性、定量指标组成。在利用指标体系评价时必须考虑指标的权重、量化融合和模型问题^[8,9]。本研究针对土地平整工程效益评价的综合性、层次性以及模糊性特征, 采用层次分析法和模糊综合分析法建立评价分析模型。其主要过程如下:

设因素集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, $u_1, u_2, u_3, u_4, \dots, u_n$ 是评价因子, n 是评价因素的个数, 由具体指标体系所决定。设评价集 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, 即等级集合, 每个等级可对应一个模糊集。

作者简介: 蔡朕(1989-), 男, 重庆人, 硕士研究生, 研究方向: 土地利用和自然资源调查监测。

建立模糊关系矩阵 R:

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \dots \\ R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix}$$

式中, r_{ij} 表示评价因素 u_i 对评价集 v_j 的隶属度。 r_{ij} 的取值范围为 $0 < r_{ij} \leq 1$, $R_i = \{r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}\} \{i=1, 2, \dots, n\}$ 是相对于评价集 V 的模糊子集。设评价标准等级模糊集为 Vu , $Vu = \{v_{u1}, v_{u2}, v_{u3}, v_{u4}\}$, 评价等级模糊集的隶属函数(采用降半梯形分布法)分别为:

$$r_{i1} = \begin{cases} 1 & u_i < v_{u1} \\ \frac{v_{u2} - u_i}{v_{u2} - v_{u1}} & v_{u1} < u_i < v_{u2} \\ 0 & v_{u2} < u_i < v_{u3} \\ 0 & u_i > v_{u3} \end{cases}$$

$$r_{i2} = \begin{cases} \frac{u_i}{v_{u1}} & u_i < v_{u1} \\ \frac{1}{v_{u3} - v_{u1}} & v_{u1} < u_i < v_{u2} \\ \frac{v_{u3} - u_i}{v_{u3} - v_{u2}} & v_{u2} < u_i < v_{u3} \\ 0 & u_i > v_{u3} \end{cases}$$

$$r_{i3} = \begin{cases} 0 & u_i < v_{u1} \\ \frac{u_i - v_{u1}}{v_{u2} - v_{u1}} & v_{u1} < u_i < v_{u2} \\ \frac{1}{v_{u3}} & v_{u2} < u_i < v_{u3} \\ \frac{v_{u3}}{u_i} & u_i > v_{u3} \end{cases}$$

$$r_{i4} = \begin{cases} 0 & u_i < v_{u1} \\ 0 & v_{u1} < u_i < v_{u2} \\ \frac{u_i - v_{u2}}{v_{u3} - v_{u2}} & v_{u2} < u_i < v_{u3} \\ 1 & u_i > v_{u3} \end{cases}$$

通过层次分析法构建待评价的指标权重集 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ 。将指标权重集 W 与模糊关系矩阵 R 进行合成, 得到各被评因子的模糊综合评价结果向量 S 。即:

$$S = W \times R = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix}$$

$$= (s_1, s_2, \dots, s_n)$$

式中， s_j 表示被评价因素对评价集 v_j 的隶属程度。

模糊综合评价中常用的是取大取小算法，但在因素较多时，每一因素所得的权重常常很小，在模糊合成运算中，信息丢失很多，常导致结果不易分辨和不合理的情况^[10]。所以，针对上述问题，本研究采用加权平均型的模糊合成算法取最大值确定评价等级。计算公式为：

$$s_j = \sum_{i=1}^n (w_i \times r_{ij})$$

2 评价指标体系以及分级标准

2.1 指标体系

根据土地整治效益的内涵，土地平整工程实施后必然带来自然、社会、生态三个方面的影响，三者是相互联系，相互作用的。根据对相关研究文献^[11,12,13,14]、评定规程的分析总结，结合工程实施经验，最终建立包括经济、社会和生态 3 方面的土地平整工程效益评价指标体系，并通过层次分析法计算指标权重，结果见表 1。

表 1 土地平整工程效益评价指标体系

目标层	准则层	权重	方案层	权重
A 综合效益	B 经济效益	0.4	B ₁ 新增耕地指标收入	0.39
			B ₂ 土地收益增加率	0.16
			B ₃ 农民年人均新增农业纯收入	0.36
			B ₄ 静态投资收益率	0.09
	C 社会效益	0.2	C ₁ 新增和提升粮食产能	0.39
			C ₂ 土地流转增加率	0.15
			C ₃ 农民就近就业人数	0.39
			C ₄ 机械化耕作增加率	0.07
	D 生态效益	0.4	D ₁ 水土流失治理率	0.50
			D ₂ 梯田(梯地)化增加率	0.21

			D ₃ 田块规整率变化值	0.21
			D ₄ 土地垦殖增加率	0.08

2.2 分级标准

评价指标的分级标准主要基于土地整治项目立项标准、土地平整设计标准、工程设计案例，以及经过实地调查、综合评价与专家经验等方法综合确定，将其划分为4个等级，分别为差、中、良、优，并确定各指标在不同等级下的取值范围及各等级的界限值，结果见表2。

表2 土地平整工程效益评价指标分级标准

方案层评价指标	差	中	良	优
B ₁ 新增耕地指标收入//万元	<400	400≤u<800	800≤u<1200	≥1200
B ₂ 土地收益增加率//%	<5	5≤u<15	15≤u<25	≥25
B ₃ 农民年人均新增农业纯收入//元	<250	250≤u<500	500≤u<750	≥750
B ₄ 静态投资收益率//%	<5	5≤u<7	7≤u<9	≥9
C ₁ 新增和提升粮食产能//t	<50	50≤u<125	125≤u<200	≥200
C ₂ 土地流转增加率//%	<5	5≤u<15	15≤u<25	≥25
C ₃ 农民就近就业人数//人	<30	30≤u<60	60≤u<90	≥90
C ₄ 机械化耕作增加率//%	<10	10≤u<15	15≤u<20	≥20
D ₁ 水土流失治理率//%	<10	10≤u<20	20≤u<30	≥30
D ₂ 梯田(梯地)化增加率//%	<10	10≤u<15	15≤u<20	≥20
D ₃ 田块规整率变化值//%	<10	10≤u<20	20≤u<30	≥30
D ₄ 土地垦殖增加率//%	<5	5≤u<6	6≤u<7	≥7

3 实证研究

3.1 研究区概况

重庆市忠县石宝镇新政村、凉水村高标准农田建设项目位于忠县石宝镇新政村、凉水村，介于东经 108° 09′ 43″ — 108° 11′ 50″，北纬 30° 25′ 11″ — 30° 27′ 03″。项目区属丘陵地貌，以种植水稻、蔬菜、柑橘为主，劳动力人口约 3000 人。项目建设规模为 222.2529hm²，其中耕地面积 179.2541hm²。项目总投资 2038.00 万元，其中土地平整工程施工费为 409.87 万元。土地平整工程建设内容包括条田整治工程、坡式梯田(梯地)整治工程、客土工程和田块整形工程。

3.2 数据来源

新增耕地指标收入 (B_1)、新增和提升粮食产能 (C_1) 根据有关耕地占补平衡文件的规定进行测算；土地收益增加率 (B_2)、静态投资收益率 (B_4)、机械化耕作增加率 (C_4)、水土流失治理率 (D_1)、梯田 (梯地) 化增加率 (D_2)、田块规整率变化值 (D_3)、土地垦殖增加率 (D_4) 来源于项目规划设计文本和竣工验收报告；农民年人均新增农业纯收入 (B_3) 通过土地收益与人口比值测算并结合实地走访获取；土地流转增加率 (C_2) 和农民就近就业人数 (C_3) 通过走访村民委员会、业主单位和施工单位获取。

3.3 构建隶属度矩阵

采用降半梯形分布法，分别测算经济效益、社会效益和生态效益的模糊关系矩阵 R_b 、 R_c 、 R_d (图 1)。

$$R_b = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.85 & 1.00 \\ 0.00 & 0.43 & 1.00 & 0.57 \\ 0.00 & 0.90 & 1.00 & 0.10 \\ 0.00 & 0.64 & 1.00 & 0.36 \end{bmatrix}$$

$$R_c = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.00 & 0.80 & 1.00 \\ 0.00 & 0.61 & 1.00 & 0.39 \\ 0.00 & 0.00 & 0.90 & 1.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.76 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$R_d = \begin{bmatrix} 0.00 & 0.21 & 1.00 & 0.80 \\ 1.00 & 0.83 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.58 & 1.00 & 0.42 \\ 0.00 & 0.09 & 1.00 & 0.91 \end{bmatrix}$$

图 1 经济效益、社会效益和生态效益模糊关系矩阵

3.4 合成模糊综合评价结果向量

根据指标权重集 $W_b = \{w_{b1}, w_{b2}, w_{b3}, w_{b4}\} = (0.39, 0.16, 0.36, 0.09)$ 、 $W_c = \{w_{c1}, w_{c2}, w_{c3}, w_{c4}\} = (0.39, 0.15, 0.39, 0.07)$ 、 $W_d = \{w_{d1}, w_{d2}, w_{d3}, w_{d4}\} = (0.50, 0.21, 0.21, 0.08)$ ，按照加权平均原则合成模糊综合评价结果向量，并采用和积法对其进行归一化可得：经济效益结果向量 $S_b = (0, 0.2328, 0.4851, 0.2821)$ ，社会效益结果向量 $S_c = (0, 0.0490, 0.4641, 0.4869)$ ，生态效益结果向量 $S_d = (0, 0.2309, 0.4501, 0.3190)$ 。

基于上述经济、社会、生态效益的评价结果向量，根据综合效益指标权重集 $W = \{w_b, w_c, w_d\} = (0.40, 0.20, 0.40)$ ，合成模糊综合评价结果向量 $S = (0, 0.1953, 0.4669, 0.3378)$ 。

3.5 土地平整工程效益评价结果

根据结果向量，研究区土地平整工程综合效益为良，其中经济效益为良，社会效益为优，生态效益为良。各指标对应评价集的结果向量 (未归一化) 如下。

从表 3 可以看出，土地平整工程效益指标评价结果为优的共 4 个，分别为新增耕地指标收入 (B_1)、新增和提升粮食产能 (C_1)、

农民就近就业人数(C₃)、机械化耕作增加率(C₄)，主要集中在社会效益指标，这主要是由于土地平整工程投资量和工程规模较大且工程类型多样，可新增有效耕地较多，带动力度较强；为良的有7个，集中在经济效益和生态效益指标；为差的1个，为梯田(梯地)化增加率(D₂)，这主要是由于示范区整治前耕地成台性较好，梯田(梯地)化率已较高，土地平整工程因地制宜的侧重于规整田块和满足机械化耕作条件。由此表明，土地平整工程效益评价总体较好，对土地收益率(B₂)、农民年人均新增农业纯收入(B₃)、静态投资收益率(B₄)、土地流转增加率(C₂)、水土流失治理率(D₁)、田块规整率(D₃)、土地垦殖率(D₄)等还有进一步的提升空间。

表3 土地平整工程效益评价结果

评价指标	差	中	良	优	等级
经济效益	0.0000	0.4522	0.9420	0.5478	良
B ₁	0.0000	0.0000	0.3320	0.3900	优
B ₂	0.0000	0.0685	0.1600	0.0915	良
B ₃	0.0000	0.3257	0.3600	0.0343	良
B ₄	0.0000	0.0580	0.0900	0.0320	良
社会效益	0.0000	0.0914	0.8659	0.9086	优
C ₁	0.0000	0.0000	0.3116	0.3900	优
C ₂	0.0000	0.0914	0.1500	0.0586	良
C ₃	0.0000	0.0000	0.3510	0.3900	优
C ₄	0.0000	0.0000	0.0533	0.0700	优
生态效益	0.2100	0.4053	0.7900	0.5599	良
D ₁	0.0000	0.1025	0.5000	0.3975	良
D ₂	0.2100	0.1752	0.0000	0.0000	差
D ₃	0.0000	0.1208	0.2100	0.0892	良
D ₄	0.0000	0.0068	0.0800	0.0732	良
综合效益	0.0840	0.3613	0.8660	0.6248	良

4 小结

目前，对于土地平整工程效益的研究成果较少，有关土地平整工程效益评价没有成熟的评价指标和体系，且有关评价指标缺少相关准则和标准等级域，部分指标甚至没有等级准则和标准等级值，而运用模糊层次分析法必须设定评价的等级尺度和界限值。因此，针对评价指标的选取、评价等级的界定等问题是今后尚需进一步探索和研究的课题。

参考文献:

-
- [1]曾璇.土地整理项目综合效益评价研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2020.
- [2]张蚌蚌,郭芬,黄丹,等.陕北“一户一田”和“一组一田”耕地细碎化整治模式与绩效评价[J].农业工程学报,2020,36(15):28-36.
- [3]张慧,臧亮,何东娟,等.基于改进的AHP-Fuzzy土地整治实施效果评价[J].土壤通报,2016,47(5):1084-1089.
- [4]潘延立.高标准基本农田建设项目效益评价研究——以滕州市羊庄镇为例[D].泰安:山东农业大学,2015.
- [5]杨静平.土地整治项目实施后经济评价分析——以子长县瓦窑堡镇、杨家园子镇和马家砭镇清涧河土地整治项目为例[J].农村经济与科技,2020,31(19):44-46.
- [6]鲁胜晗,朱成立,周建新,等.生态景观视角下土地整治的生态效益评价[J].水土保持研究,2020,27(5):311-317.
- [7]马世帅,刘元芳,张长春,等.基于土地整治的项目区耕地资源社会价值评定及变化分析[J].中国生态农业学报,2013,21(10):1293-1298.
- [8]蔡朕,刁承泰,王锐,等.基于集对分析的高标准基本农田建设项目选址合理性评价——以重庆市梁平县为例[J].中国生态农业学报,2014,22(7):828-836.
- [9]鲁璐.基于物元可拓模型的土地整理综合效益评价研究——以湖北汉川沉湖镇土地整理项目为例[D].武汉:华中师范大学,2012.
- [10]李安贵,张志宏,孟艳,等.模糊数学及其应用[M].武汉:冶金工业出版社,2003:144-146.
- [11]蔡朕,刁承泰,王锐,等.基于模糊物元模型的高标准基本农田建设项目选址合理性评价[J].西南大学学报(自然科学版),2014,36(12):128-134.
- [12]马雪莹,邵景安,曹飞.重庆山区县域高标准基本农田建设综合成效评估——以重庆市垫江县为例[J].自然资源学报,2018,33(12):2183-2199.
- [13]陈函.土地整理项目效益评价研究——以TS23子项目为例[D].杨凌:西北农林科技大学,2017.
- [14]葛霖.重庆市农村土地综合整治效益评价及其影响因素研究[D].重庆:西南大学,2013.
- [15]马雪莹,陈光银.基于土地整治的耕地质量评价方法研究[J].农村经济与科技,2020,31(17):30-32,35.
- [16]徐康,金晓斌,吴定国,等.基于农用地分等修正的土地整治项目耕地质量评价[J].农业工程学报,2015(7):255-263.
- [17]颜成贵.土地平整的原则及方法[J].广东水利水电,2003(2):69-71.
- [18]李福祥,许迪,李益农.农田土地平整方法的组合应用及效果[J].农业工程学报,2000,16(2):50-53.

[19]郭金玉, 张忠彬, 孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(5): 148-153.