

# 基于 DEA-Gini 准则的土地整治项目效益评价

——以甘肃省庆阳市为例

乔蕻强, 谢忠泰, 程文仕, 刘学录

(甘肃农业大学 管理学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** [目的] 评价土地整治项目的实施效益, 为其他同类地区土地整治效益评价提供依据。[方法] 利用 DEA-Gini 准则对甘肃省庆阳市 14 个土地整治项目的整治综合效益进行定量描述并评价。[结果] 涉及的 14 个土地整治项目中合水县丑家庄土地整治项目、镇原乡山岔镇土地整治项目和正宁县西坡乡土地整治项目的整治综合效益偏低, 分别为 0.308, 0.378, 0.342; 宁县南义乡和平子镇土地整治综合效益比较高, 分别为 0.972, 0.708; 其余 9 个土地整治项目的综合效益处于中等水平。[结论] 利用 DEA-Gini 准则评价结果表明 14 个土地整治项目的经济效益、社会效益和生态效益都有较大地提升空间。

**关键词:** 土地整治; 效益评价; DEA-Gini 准则; 庆阳市

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2017)01-0132-05

中图分类号: F301.2

**文献参数:** 乔蕻强, 谢忠泰, 程文仕, 等. 基于 DEA-Gini 准则的土地整治项目效益评价[J]. 水土保持通报, 2017, 37(1): 132-136. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.01.024; Qiao Hongqiang, Xie Zhongtai, Chang Wenshi, et al. Benefit evaluation on land reclamation project based on DEA-Gini criterion[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(1): 132-136. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2017.01.024

## Benefit Evaluation on Land Reclamation Project Based on DEA-Gini Criterion

—A Case Study in Qingyang City, Gansu Province

QIAO Hongqiang, XIE Zhongtai, CHENG Wenshi, LIU Xuelu

(College of Management, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** [Objective] The objective of this study is to evaluate the benefit of land reclamation projects and to provide references for similar land remediation projects. [Methods] We used DEA-Gini criterion to quantitatively describe and evaluate the benefits of 14 land reclamation projects in Qingyang City, Gansu Province. [Results] Among 14 land reclamation projects, the comprehensive benefits of land remediation projects in the Choujiashuang, Shancha Town of Zhenyuan Township of Heshui County and the Xipo Township of Zhengning County were 0.308, 0.378 and 0.342 respectively and at lower levels while the comprehensive benefits were 0.972 and 0.708 respectively in Nanyi Township and Pingzi Town of Ningxian County and reached a higher level. The remaining nine land reclamation projects was in the middle level. [Conclusion] Using DEA-Gini criterion evaluation results showed that there are still space for the improvement of economic, social and ecological benefits in 14 land reclamation projects

**Keywords:** land management; benefit evaluation; DEA-Gini criterion; Qingyang City

实施土地整治项目, 对保障国家粮食安全、破解城乡二元结构、提高耕地质量等级、调整土地利用结构和布局, 改善土地关系具有重要作用<sup>[1-3]</sup>。土地整治活动的空间格局及差异性分析, 可以促进土地整治活动的监督管理和区域协调发展<sup>[4-5]</sup>。但是, 由于农

户生计策略多样化, 农户兼业现象严重, 导致农户弃耕、撂荒较为严重<sup>[1]</sup>。与此同时, 许多地方用地规模“摊大饼”式无序扩张, 加上农业基础设施薄弱, 使大量的优质耕地被占用、生产空间布局不合理、细碎化问题突出, 与现代化、规模化、机械化的现代农业生产

收稿日期: 2016-03-29

修回日期: 2016-06-02

资助项目: 甘肃省青年科技基金计划项目“社会资本对农地利用的影响机理研究”; 甘肃农业大学盛彤笙科技创新基金(GSAU-STC-1632); 甘肃省教育科学“十二五”规划课题(GS[2015]GHB0167, GS[2013]GHB0849); 院级科技创新资助项目

第一作者: 乔蕻强(1986—), 男(汉族), 甘肃省平凉市人, 博士研究生, 讲师, 主要从事土地利用规划、土地生态和土地经济研究。E-mail: qiaohongqiang-123@163.com。

体系不相符<sup>[6]</sup>。

伴随着快速的工业化和城镇化进程,进一步加剧了耕地数量减少、质量下降以及优质耕地的流失<sup>[6]</sup>,以土地整治和城乡建设用地增减挂钩为平台<sup>[7-8]</sup>,对保护耕地,实现资源的可持续利用有积极的促进作用。因此,土地整治受到越来越多的学者关注。如罗畅等<sup>[9]</sup>对土地整治项目的经济效益进行了评价;吴冠岑等<sup>[10-12]</sup>对南京市若干土地整治典型项目的社会效益进行了研究;严金明等<sup>[13]</sup>对土地整治效益评价的内涵和评价指标选取的原则进行了研究。研究方法有模糊综合评价法<sup>[14-15]</sup>、能值分析<sup>[16]</sup>、物元分析<sup>[17]</sup>、传统市场法、替代市场法、灰色关联法及土地生态功能价值计算法等<sup>[18-20]</sup>。但是,通过归纳上述研究内容和方法,各位学者借助不同的方法和指标体系研究了不同区域,缺乏一套土地整治综合效益评价的统一指标体系和方法,不能准确反映土地整治效益。数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)方法综合了几乎所有对效益结果产生影响的潜在要素,反而造成所选取的指标量过多增加了不确定性<sup>[21-22]</sup>。而 Gini 准则可以降低 DEA 结果受指标维数的影响,提高 DEA 模型的判别能力。因此,本文拟以 DEA-Gini 准则为创新点,通过对甘肃省庆阳市低效耕地整理提质和旧庄复垦还田,增加耕地面积、提高耕地质量、增加粮食产量,有效缓解人地关系之间的矛盾。因此,本文拟以庆阳市 14 个土地整治项目为例,借助于 DEA-Gini 准则,构建土地整治综合效益评价体系,以期为其他地方土地整治效益评价提供依据,同时为地方政府提供一定的决策思路。

## 1 材料分析

### 1.1 研究区概况

甘肃省庆阳市地势北高南低,属温带大陆性气候,光热水条件良好,具有发展种植业和经济林的地域优势,尤以特色小杂粮、红富士苹果、曹杏、晋枣久负盛名。庆阳市石油和煤炭资源极为丰富,煤质优良,储量集中。2011 年森林覆盖率达到 25%,区内国道、省道纵横交错,交通条件比较便利。庆阳市近期重点开发石油天然气化工、草畜、果品、瓜菜 4 大产业,突出了耕地保护和产业发展与所需建设用地之间的矛盾。2002 年以来,全市共整治土地  $6.07 \times 10^4$   $\text{hm}^2$ ,新增耕地  $1.35 \times 10^4$   $\text{hm}^2$ ,年增加粮食产量  $6.00 \times 10^7$  kg,收益增加 1.2 亿元。

### 1.2 数据来源

研究数据主要来源于庆阳市 14 个土地整治项目台账、文本和图件。所需的基础数据均来源于《庆阳

市统计年鉴》;效益数据来源于工程量表、竣工验收报告和整治区域实施后农业年报等相关资料。

### 1.3 研究方法

1.3.1 DEA 模型 数据包络分析法(DEA)是由美国运筹学家查恩斯提出的一种评价多输入、多输出的同类决策单元间相对有效性的重要方法,在经济管理学科的众多研究领域得到了广泛的应用。本文用数据包络分析法来做庆阳市土地整治项目综合效益评价。模型介绍如下:

假设有  $n$  个土地整治项目(记为 TDZZ),TDZZ <sub>$j$</sub>  ( $j=1,2,\dots,n$ )消耗  $m$  种投入  $x_{ij}$  ( $i=1,2,\dots,m$ ),生产出  $s$  种产出  $y_{rj}$  ( $r=1,2,\dots,s$ ),那么基于 CCR (Charnes, Cooper and Rhodes)模型的投入导向型模型,对于待评估土地整治的效率  $E_0$  为:

$$\begin{aligned} \max \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} &= E_0(M, S) \\ \text{s. t. } & \begin{cases} \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \nu_i x_{ij} \leq 0 & (\forall j \in N) \\ \sum_{i=1}^m \nu_i x_{i0} = 1 \\ u_r, \nu_i \geq 0; \forall i \in M, r \in S \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

式中:  $E_0(M, S)$  ——待评估 TDZZ<sub>0</sub> 的效率;  $u_r$ ,  $\nu_i$  ——第  $r$  种产出和第  $i$  种投入的未知权重,模型(1)显示 TDZZ<sub>0</sub> 能够在约束条件下选择一组最优权重以使其效率达到最大化。显然,评价指标数量多少会影响 CCR 模型的判别能力。

1.3.2 Gini 准则 Gini 准则是对信息杂度的一种度量,并通过 Gini 系数值对信息杂度进行定量描述。

定义 1 Gini 系数为  $G = 1 - \sum_{j=1}^n p_j^2$ , 其中  $p_j = E_j / \sum_{j=1}^n E_j$ ,  $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ , 表示某节点中类别  $j$  所占的比例。

一般的, Gini 系数越大,信息杂度越大,不确定性就越大;反之不确定性就越小由于  $0 \leq p_j \leq 1$ , 因而  $0 \leq G \leq 1$ 。

定义 2 信息纯度为:

$$d = \sum_{j=1}^n p_j^2 \quad (j \in N = \{1, 2, \dots, n\}) \quad (2)$$

当某节点中仅含有一个类别时,不确定性最小,  $G=0$ , 其信息纯度最大,  $d=1$ , 当某节点下所有类别的值都相同时,不确定性最大,信息纯度最小。

1.3.3 基于 Gini 准则提升 DEA 判别能力 首先,应尽可能全地确定所有的潜在变量,仔细分析各潜在变量对效益评价结果的影响大小。其次,对所选的指标集取子集,并利用 DEA 方法分别求出各子集下个

土地整治的效率值,投入产出子集的数量记为  $K = (2^m - 1) \times (2^s - 1)$ , 其中  $m \in M, s \in S, M$  和  $S$  分别为投入和产出集,  $M_k$  是 DEA 模型的第  $k$  各变量子集, 模型集为  $\Omega = \{M_1, M_2, \dots, M_k\}$ , TDZZ<sub>*j*</sub> 在  $M_k$  下的效率值记为  $E_{kj}, j = 1, 2, \dots, n$ , 基于 DEA 模型可以得到一个如下的效率矩阵  $[E_{jk}]_{n \times k}$ 。

$$\begin{matrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_n \\ \text{TDZZ}_1 & \begin{bmatrix} E_{11} & E_{12} & \cdots & E_{1k} \\ E_{21} & E_{22} & \cdots & E_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ E_{n1} & E_{n2} & \cdots & E_{nk} \end{bmatrix} \\ \text{TDZZ}_2 & \\ \vdots & \\ \text{TDZZ}_n & \end{matrix} \quad (3)$$

最后,基于 Gini 准则提升 DEA 的判别能力,得到一组更为客观的土地整治效益评价结果,为了衡量各个土地整治效率值的确定性大小,利用(2)式计算所有变量子集的信息纯度  $d_k$ ,以得到个子集相应的权重,由于信息纯度与信息的确性呈正相关的关系,因此可以最终通过各子集效率及其权重加权求和以求出所有土地整治项目的 CES,即为判别能力较传统 DEA 增强的效益评价结果。

算法 1 基于 DEA-Gini 准则对于土地整治综合效益评价。

步骤 1:利用各变量子集代入 DEA 模型中计算效率矩阵  $[E_{jk}]_{n \times k}$ 。

步骤 2:利用  $p_{jk} = E_{jk} / \sum_{j=1}^n E_{jk}, k = 1, 2, \dots,$

$K$  对效率矩阵  $[E_{jk}]_{n \times k}$  归一化。

步骤 3:计算各子集  $M_k$  的信息纯度  $d_k = \sum_{j=1}^n p_{jk}^2, k = 1, 2, \dots, K$ 。

步骤 4:归一化  $d_k$  得到  $\omega_k = d_k / \sum_{k=1}^K d_k, k = 1, 2, \dots, K$ , 其中  $\sum_{k=1}^K \omega_k = 1$ 。

对于一个给定的模型在变量集  $M_k (k = 1, 2, \dots, K)$  下,如果它所得到的所有的土地整治效率值相等,那么信息纯度最小,权重  $\omega_k$  达到最小值,  $\omega_k$  的值越大,其判别能力越大。

步骤 5:通过  $\theta_j = \sum_{k=1}^K \omega_k E_{jk}, j = 1, 2, \dots, n$ , 即得到综合效率。

## 2 结果与分析

### 2.1 评价指标体系构建

合理选取指标是对土地整治项目综合效益评价的关键,所以根据国内外研究现状和庆阳市及其各县的实际情况,参照已有的研究成果,构建土地整治效益评价指标体系。DEA 方法对土地整治效益评价存在指标权重空间位数依赖性过高,即数量的多少回严重影响到 DEA 判别能力高低的缺陷,因此,本文选取的指标变量数量一般不超过样本数的  $1/3^{[13,21]}$ 。其中产出中静态投资收益率就是经济效益的表现,新增耕地可供养人数是社会效益的表现,绿色植被覆盖增长率是生态效益的表现(见表 1)。

表 1 研究区域土地整治效益评价指标集及相关数据

序号	项目研究区域	投入		产出		
		项目总 投资/万元	新增耕地 单位面积 投资/万元	静态投资 收益率/%	新增耕地可 供养人数/个	绿色植被覆盖 增长率/%
1	合水县吉岷乡九顷湾村丑家庄土地整理项目	167	1.92	6.84	68	6.57
2	合水县何家畔乡赵楼村土地整理项目	260	1.83	8.80	168	9.96
3	华池县城壕乡庄科土地整理项目	326	1.83	7.72	217	8.64
4	华池县柔远镇土坪土地整理项目	100	1.85	7.76	71	10.16
5	环县环城镇周元土地整理项目	352	1.83	8.18	224	9.93
6	宁县南义乡吴塚村土地复垦项目	94	2.14	13.65	220	42.85
7	宁县平子镇土地整理复垦补助项目	200	2.06	11.07	342	28.27
8	庆城县太白梁乡庙山土地整理项目	400	1.83	8.43	240	9.46
9	西峰区后官寨乡马集土地整理项目	400	1.83	8.95	333	9.28
10	西峰区显胜乡夏刘土地整理复垦项目	500	2.04	9.41	537	17.83
11	镇原县山岔镇周家庄土地整理项目	219	1.84	7.62	141	9.50
12	镇原县新集乡王寨土地整理项目	418	1.83	7.67	280	21.26
13	正宁县湫头乡北武土地复垦整理项目	305	2.07	10.97	514	23.23
14	正宁县西坡乡高红土地整理项目	301	2.04	7.50	180	8.95

2.2 结果与分析

本文利用 DEA-Gini 准则对各项目区(表 1)进行土地整治综合效益评价和分析。从表 2 可以发现一个总体的趋势是子集变量选择的越多,其对应的权重是在下降的。

这是由于选择的指标越多,导致各项目区的效率越高,进而模糊性越强,权重相应地会降低。由此

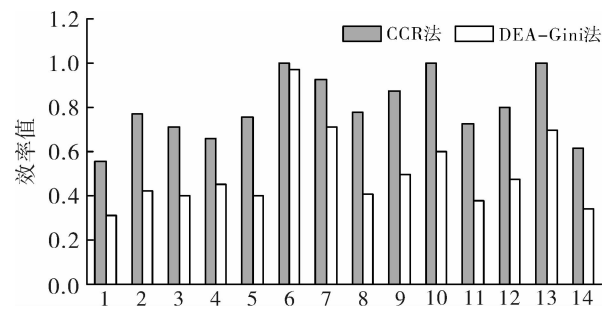
可见,影响权重大小的主要是各个项目区的效率值差距,如果差距越大,其确定性就越强,信息纯度就越高,因而其权重也会相应的高;反之,效率值差距较小,确定性就越差,主观上对权重的赋予,影响了最终的评价结果。因此,通过这种方法得到的 CES 能够大大降低多个有效决策单元(decision making unit, DMU)同时出现的可能性。

表 2 基于 Gini 准则的各子集的重要性及综合效率 (comprehensive efficiency score, CES)

$M_k$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
变量选择	$X_1$	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
	$X_2$	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
	$Y_1$	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	
	$Y_2$	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	
	$Y_3$	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	
各子集的投入导向型 CCR 效率	1	0.282	0.174	0.086	0.282	0.282	0.174	0.282	0.559	0.135	0.171	0.559	0.559	0.212	0.559	0.559
	2	0.233	0.276	0.084	0.276	0.233	0.276	0.276	0.754	0.349	0.272	0.769	0.754	0.419	0.769	0.754
	3	0.163	0.284	0.058	0.284	0.163	0.284	0.284	0.661	0.45	0.236	0.714	0.661	0.465	0.714	0.661
	4	0.534	0.303	0.223	0.534	0.534	0.303	0.534	0.658	0.146	0.274	0.658	0.658	0.298	0.658	0.658
	5	0.160	0.272	0.062	0.272	0.16	0.272	0.272	0.701	0.465	0.271	0.753	0.701	0.491	0.753	0.701
	6	1	1	1	1	1	1	1	1	0.391	1	1	1	1	1	1
	7	0.381	0.731	0.31	0.731	0.381	0.731	0.731	0.842	0.631	0.685	0.925	0.842	0.906	0.925	0.842
	8	0.145	0.256	0.052	0.256	0.145	0.256	0.256	0.722	0.498	0.258	0.781	0.722	0.514	0.781	0.722
	9	0.154	0.356	0.051	0.356	0.154	0.356	0.356	0.767	0.691	0.253	0.874	0.767	0.691	0.874	0.767
	10	0.130	0.459	0.078	0.459	0.130	0.459	0.459	0.723	1	0.436	1	0.723	1	1	0.723
	11	0.240	0.275	0.095	0.275	0.240	0.275	0.275	0.649	0.291	0.258	0.660	0.649	0.373	0.660	0.649
	12	0.126	0.286	0.112	0.286	0.126	0.286	0.286	0.657	0.581	0.580	0.746	0.657	0.795	0.795	0.657
	13	0.248	0.720	0.167	0.720	0.248	0.720	0.720	0.831	0.943	0.560	1	0.831	1	1	0.831
	14	0.172	0.256	0.065	0.256	0.172	0.256	0.256	0.576	0.335	0.219	0.606	0.576	0.371	0.606	0.576
$W_k$	0.060	0.049	0.107	0.047	0.060	0.049	0.047	0.038	0.046	0.049	0.038	0.038	0.044	0.038	0.038	

注:表中“1”表示相应的变量在子集中被选中,“0”表示没有,  $M_k$  和  $W_k$  分别表示第  $k$  个子集及其权重;  $X_1$  和  $X_2$  分别表示项目总投资和新增耕地单位投资;  $Y_1$ ,  $Y_2$  和  $Y_3$  分别表示静态投资收益率、新增耕地可供养人数和绿色植被覆盖增加率;  $M_k$  一栏中 1—14 为项目编号,见表 1。

图 1 中白色柱状图是基于 DEA-Gini 准则方法所得的效率值,黑色柱状图是基于投入导向型投诉内容识别 (complain content recognizer, CCR) 模型下所得的效率值,项目区基于传统 CCR 模型计算的效率值和基于 Gini 准则提升后的 CES 效率值相比变化明显,且后者的判别能力较前者有所增强。比较表 2 中倒数第 3 行和倒数第 4 行的结果,可以发现基于 DEA-Gini 准则方法所得的效益结果与传统 DEA 所得结果具有一致性,但是除了宁县南义乡和宁县平子镇 2 个土地整治项目区外其余项目区的 CES 和传统 DEA 方法得到的效益排序结果有所不同。这是由于指标的选择的结果,致使效率值差距太小,信息的不确定性增加,因此 DEA-Gini 准则在指标的选择上稍有不同可能就会改变评价结果,显然更符合实际情况。



注:1 合水县丑家庄; 2 合水县何家畔; 3 华池县城壕; 4 华池县柔远; 5 环县环城; 6 宁县南义; 7 宁县平子; 8 庆城县太白梁; 9 西峰区后官寨; 10 西峰区显胜; 11 镇原县山岔; 12 镇原县新集; 13 正宁县湫头; 14 正宁县西坡。

图 1 传统 CCR 效率和 CES 结果比较

由表 2 最后 2 行排序结果可知,合水丑家庄、镇原山岔镇和正宁县西坡乡的土地整治综合效益结

果偏低,宁县南义乡和宁县平子镇土地整治综合效益结果最高,其余 9 个项目区的土地整治效益处于中等水平。主要原因是合水丑家庄、镇原乡山岔镇和正宁县西坡乡土地整治项目为了达到有效耕地面积,进行大量的开荒,使绿色植被覆盖面积大幅减少,而且开发的耕地土质较差,前几年的耕种中几乎没有经济效益,还影响了其生态效益的发挥。

### 3 讨论与结论

(1) 项目区位于黄土高原地区,基于传统 CCR 模型计算的效率值和基于 Gini 准则提升后的 CES 效率值相比变化明显,且后者的判别能力较前者有所增强,评价结果与项目区实际情况相符,良好地反映了土地整治项目的实际情况。从以上结果得出,庆阳市 14 个土地整治项目综合效益提升潜力很大。

(2) 合水丑家庄土地整治项目、镇原乡山岔镇土地整治项目和正宁县西坡乡土地整治项目的综合效益偏低,分别为 0.308, 0.378, 0.342。这是由于这 3 个土地整治项目与其余土地整治项目相比投入相对于产出是比较大的,表现并不占明显优势。因此,这三者的投入应该在所得的效率值得比例上有所减少而保持产出不变,在接下来应该在整治工作中找出原因,采取措施,降低投资,以提高经济效益,还要注意绿色植被种植力度的加强,以提高生态效益。其中合水丑家庄土地整治不仅要控制总投资,而且要注意耕地单位投资的控制,以供养更多的人口,提高土地整治的社会效益。宁县南义乡和宁县平子镇土地整治效益结果最高,分别为 0.972, 0.708,但是它们的耕地单位投资相对较高,所以效益值具有提升的空间。其余 9 个项目区虽然效益值属于中等水平,但是其经济效益、社会效益、生态效益都有提升的潜力。

(3) 本文利用 DEA 方法求出各子集的效率,运用 Gini 准则给各子集赋予权重,最后得到一组更为客观的效率结果。效率评价的结果为效益的分析评价奠定了基础,也为土地整治的正确合理投入指明了方向。由于土地整治项目的计划性和目的性,在产出效益难以大幅度增加的情况下,需要注意在总投资额相对较小的情况提高项目区耕地和绿地的数量,增加新增耕地的可供养人数,提高静态投资收益率和植被覆盖增长率,这将使得项目区的经济效益、社会效益和生态效益得到提升和改善。

(4) DEA-Gini 在土地整治综合效益评价中的应用很少,所以建立合理的土地整治综合效益评价指标

体系是本文的难点,指标的确定和子集的选取都需要进一步的研究。该方法也有值得借鉴的好处,数据处理过程不需要进行标准化处理。结合 Gini 准则对不同指标子集赋予不同的权重,有效提升了 DEA 方法的判别能力。本文在建立评价指标体系时仅选用了部分对效益评价影响作用比较大的因素而并非全部具有影响作用的因素,若所构建的评价指标体系不同,评价结果也会有所不同。所以,运用 DEA-Gini 准则研究方法时可通过选取科学合理的指标体系来获得更客观的评价结果。

#### [参 考 文 献]

- [1] 冯应斌,杨庆媛. 转型期中国农村土地综合整治重点领域与基本方向[J]. 农业工程学报, 2014, 30(1): 175-182.
- [2] 管栩,金晓斌,魏东岳,等. 土地整治项目综合监测体系构建[J]. 中国土地科学, 2014, 28(4): 71-77.
- [3] 程文仕,乔蕙强,刘志,等. 基于 RAGA-PPC 模型的土地整治综合效益评价:以庆阳市 15 个土地整治项目为例[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 257-261, 268.
- [4] 刘瑞卿,李新旺,张路路,等. 基于格序结构的土地整治综合效益评价研究[J]. 土壤通报, 2012, 43(6): 1305-1310.
- [5] 危小建,刘耀林,王娜. 湖北省土地整治项目空间分异格局[J]. 农业工程学报, 2014, 30(4): 195-203.
- [6] 桑玲玲,郇文聚,朱德海,等. 北京市大兴区耕地空间重构分析[J]. 应用基础与工程科学学报, 2015, 23(3): 452-462.
- [7] 乔蕙强,程文仕,刘学录. 基于条件价值评估法的农业生态补偿意愿及支付水平评估:以甘肃省永登县为例[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 291-297.
- [8] 黄辉玲,吴次芳,张守忠. 黑龙江省土地整治规划效益分析与评价[J]. 农业工程学报, 2012, 28(6): 240-246.
- [9] 罗畅,夏春光,杨庆媛,等. 灾毁土地复垦的经济效益研究:以重庆市北碚区为例[J]. 西南师范大学学报:自然科学版, 2005, 30(6): 1138-1141.
- [10] 吴冠岑,刘友兆,付光辉. 基于熵权可拓物元模型的土地整理项目社会效益评价[J]. 中国土地科学, 2008, 22(5): 40-46.
- [11] 徐京京,黄建武. 安徽省耕地资源利用的生态社会效益计算方法及其应用[J]. 水土保持通报, 2015, 35(4): 157-162.
- [12] 朱兰兰,蔡银莺,罗成,等. 土地用途管制框架下农户土地利用行为特征及影响因素[J]. 水土保持通报, 2016, 36(5): 198-206.
- [13] 严金明,夏素华,夏春云. 土地整理效益的分析评价与指标体系的建立[J]. 国土资源情报, 2005(2): 36-42.

(下转第 142 页)

### 3 结论

(1) 通过对滑坡变形数据的单一模型预测, 得出不同预测模型的结果具有较大的差异, 如预测精度以支持向量机的预测结果最优, 预测的稳定性则以 BP 神经网络的预测结果最为稳定, 说明不同预测模型之间具有不同的预测精度和稳定性。

(2) 单一预测模型的相对误差均值多在 2%~3% 之间, 通过对滑坡变形数据的组合预测, 使预测精度提高到 1.1%, 得出组合预测结果较单一预测的预测精度及稳定性都有了一定程度的提高。

(3) 通过对比预测结果, 验证了本文预测模型的有效性, 数量化理论 III 在组合预测中对权值求解的可行性。同时, 本文预测模型具有较好的适用性, 对其它岩土领域的变形预测仍具有可行性。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 姚颖康, 张春艳, 张坤. 改进的 GM(1,1) 模型在滑坡变形预测中的应用[J]. 水文地质工程地质, 2009, 36(5): 102-106.
- [2] 王朝阳, 许强, 范宣梅, 等. 灰色新陈代谢 GM(1,1) 模型在滑坡变形预测中的应用[J]. 水文地质工程地质, 2009, 36(2): 108-111.
- [3] 李德营, 殷坤龙. 基于影响因子的 GM(1,1)-BP 模型在八字门滑坡变形预测中的应用[J]. 长江科学院院报, 2013, 30(2): 6-11.
- [4] 刘晓, 唐辉明, 刘瑜. 基于集对分析和模糊马尔可夫链的滑坡变形预测新方法研究[J]. 岩土力学, 2009, 30(11): 3399-3405.
- [5] 赵艳南, 牛瑞卿, 彭令, 等. 基于粗糙集和粒子群优化支持向量机的滑坡变形预测[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2015, 46(6): 2324-2332.
- [6] 曹洋兵, 晏鄂川, 谢良甫. 考虑环境变量作用的滑坡变形动态灰色-进化神经网络预测研究[J]. 岩土力学, 2012, 33(3): 848-852.
- [7] 赵伟华, 巨能攀, 赵建军, 等. 基于数量化理论 III 的地震次生崩滑灾害影响因素分析[J]. 中国水运月刊, 2011, 11(4): 166-169.
- [8] 李军霞, 王常明, 王钢城, 等. 基于数量化理论 III 的滑坡发育影响因素及耦合作用强度分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2010, 29(6): 1206-1213.
- [14] 杨俊, 王占岐, 金贵, 等. 基于 AHP 与模糊综合评价的土地整治项目实施后效益评价[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(8): 1036-1043.
- [15] 吴明发, 周飞, 胡贵明, 等. 土地整理效益评价: 以湛江市丰收农场土地整理项目为例[J]. 资源开发与市场, 2011, 27(11): 995-997.
- [16] 沈孝强, 吴次芳, 俞振宁, 等. 基于环境评价的贵阳市土地开发利用优化[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 97-102.
- [17] 杜鑫昱, 夏建国, 章大容. 四川省土地整理项目效益评价[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(4): 514-524.
- [18] 赵俊锐, 朱道林. 基于能值分析的土地开发整理后效益评价[J]. 农业工程学报, 2010, 26(10): 337-344.
- [19] 孙雁, 付光辉, 吴冠岑, 等. 南京市土地整理项目后效益的经济评价[J]. 南京农业大学学报, 2008, 31(3): 145-151.
- [20] 付光辉, 刘友兆, 祖跃升, 等. 区域土地整理综合效益测算: 以徐州市贾汪区为例[J]. 资源科学, 2007, 29(3): 25-30.
- [21] 王海燕, 于荣, 郑继媛, 等. DEA-Gini 准则在城市公共交通企业效益评价中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(5): 83-91.
- [22] 李学文, 徐丽群. 中国城市公共交通行业运营效率评价: 基于改进的 SE-DEA-Gini 方法的研究[J]. 管理现代化, 2012(2): 90-93.

(上接第 136 页)