

DOI: 10.5846/stxb201706281165

繆建群, 王志强, 马艳芹, 杨文亭, 杨滨娟, 黄国勤. 崇义客家梯田生态系统可持续发展综合评价. 生态学报, 2018, 38(17): - .

Miao J Q, Wang Z Q, Ma Y Q, Yang W T, Yang B J, Huang G Q. Comprehensive evaluation of sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(17): - .

## 崇义客家梯田生态系统可持续发展综合评价

繆建群<sup>1, 2</sup>, 王志强<sup>1</sup>, 马艳芹<sup>1</sup>, 杨文亭<sup>1</sup>, 杨滨娟<sup>1</sup>, 黄国勤<sup>1, \*</sup>

1 江西农业大学 生态科学研究中心/作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室, 南昌 330045

2 江西农业大学理学院, 南昌 330045

**摘要:** 崇义客家梯田是中国最大的客家梯田, 为当地客家人提供了多项生态服务功能。综合评价崇义客家梯田生态系统的可持续性, 有助于人们合理开发和利用其资源。运用综合加权函数、协调度模型和发展障碍度模型对崇义客家梯田生态系统可持续发展现状、可持续发展潜能以及影响其可持续发展的障碍因素作了分析诊断。结果表明: 1990—2014 年间, 崇义客家梯田生态系统可持续发展综合指数增长了 2.22 倍。各指标间的协调度均大于 0.65, 指标间协调发展的程度良好, 崇义客家梯田生态系统可持续发展存在较大潜能。影响崇义客家梯田生态系统可持续发展的主要单项障碍性因素有服务业产值、农民受教育程度、农民恩格尔系数和农田受灾率 4 项, 他们的障碍度值分别为 0.17、0.17、0.15 和 0.13。直观的数据反映了崇义客家梯田生态系统的可持续发展情况, 也为当地政府制定崇义客家梯田生态系统可持续发展对策提供了可靠的支撑。

**关键词:** 崇义客家梯田; 生态系统; 可持续发展; 综合评价

## Comprehensive evaluation of sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi

MIAO Jianqun<sup>1, 2</sup>, WANG Zhiqiang<sup>1</sup>, MA Yanqin<sup>1</sup>, YANG Wenting<sup>1</sup>, YANG Binjuan<sup>1</sup>, HUANG Guoqin<sup>1, \*</sup>

1 Research Center on Ecological Science, Jiangxi Agriculture University/Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education, Nanchang 330045, China

2 College of science, Jiangxi Agriculture University, Nanchang 330045, China

**Abstract:** As the largest Hakka Terrace in China, the Hakka Terrace of Chongyi provides many ecological services for local people. Comprehensive evaluation of the sustainability of this terrace ecosystem will be helpful for the local government to improve the development and responsible use of its resources. The reality, potential, and the obstacles to the sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi were analyzed with the help of a comprehensive weighing function model, a coordination degree model, and a model of obstacle degree on development. The results showed that the comprehensive indexes of ecological sustainable development of this terrace system increased 2.22 times from 1990—2014; that the average annual growth rate of the comprehensive indexes of sustainable development reached 3.24%; and that the process of sustainable development can be divided into three stages, namely, the rapid stage from 1990—1994, the undulating stage from 1995—1999, and the slowdown stage from 2000—2014. In the first stage, when the comprehensive evaluation indexes of sustainable development grew rapidly with an average annual growth rate of 9.52%, the sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi occurred at a high level. In the stage of ups and downs, though the annual average rate of the comprehensive evaluation indexes was only 1.73%, the comprehensive evaluation indexes were higher than 1, compared with 1990, and thus, the situation of sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of

基金项目: “江西崇义客家梯田”生态系统服务功能、农业生态保护与传统农耕技术研究项目(9131205436)

收稿日期: 2017-06-28; 网络出版日期: 2018-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hgqjxauhq@sina.com

Chongyi was much better. However, as the comprehensive evaluation indexes experienced ups and downs in the interval from 1.4 to 1.5, the sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi was not stable. In the last stage, or the slow development stage, the annual growth rate of the comprehensive evaluation indexes was 2%, which was between the first two stages. During this period, the sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi was slow, but the overall trend of the sustainable development was better. The coordination degree among the indexes was greater than 0.65, suggesting that these indexes were able to develop in a coordinated manner and that the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi boasted great potentials for sustainable development. However, it was restricted by four monomial obstacles—service industry output, farmers' education, the Engel coefficient, and the rate of farmland affected by natural disasters, whose obstacle degree values were 0.17, 0.17, 0.15, and 0.13 respectively. While these economic figures revealed the reality of sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi, they provided sufficient data to allow the government to make sound and relevant policies.

**Key Words:** Hakka Terrace of Chongyi; ecosystem; sustainable development; comprehensive evaluation

梯田是人类依托山势地利开垦形成的山地农业生产系统<sup>[1]</sup>。梯田具有悠久的农耕历史,是人类充分利用山地资源获取农业产品,同时又保水保墒的一种最佳方式<sup>[2]</sup>。然而随着农村城镇化和农业现代化的发展,农村劳动力资源大量输出,许多地方的梯田出现荒废现象<sup>[3]</sup>。目前,对梯田的研究仅限于一些梯田尚存的国家<sup>[4]</sup>。除一些学者从梯田文化<sup>[5-8]</sup>和梯田景观<sup>[9-10]</sup>的角度开展研究外,随着生态环境保护意识的加强,国内外学者开始研究梯田的生态效应<sup>[11-13]</sup>、梯田的保护与管理<sup>[14-15]</sup>。然而,对于梯田生态系统可持续发展则鲜有研究。深入研究梯田生态系统的可持续发展情况,有利于梯田生态系统传统农业文化的传承,有助于人们合理利用和保护梯田生态系统。

崇义客家梯田位于赣南崇义县境内<sup>[2,16]</sup>,有 800 多年的开垦历史<sup>[2]</sup>。随着客家文化与当地畲、瑶等少数民族的优秀文化和民俗风情的融合,崇义客家梯田生态系统呈现出五彩缤纷的多样性<sup>[16]</sup>。崇义客家梯田在 2013 和 2014 年先后被农业部认定为“中国美丽田园”、“中国重要农业文化遗产”。近年来,随着社会和经济的发展,为进一步满足自身的生活需求,大批农村青壮年劳动力选择外出务工,造成崇义客家梯田在缺乏管理和耕种的情况下出现面积退化、生物多样性减少、文化积淀逐渐变薄等现象。进而,崇义客家梯田生态系统的服务功能减弱、协调性遭受破坏,可持续发展面临严峻挑战。目前,崇义客家梯田生态系统服务功能减弱的根本原因在于人和自然资源的配置结构失衡,导致生产、生活和生态功能的互动协调关系被破坏,严重影响区域文化传承和经济社会可持续发展。建立崇义客家梯田生态系统可持续发展评价指标体系,评价其可持续发展能力,从中发现其可持续发展的主要影响因素,对于优化崇义客家梯田所在区域的资源配置,遏止和调控影响崇义客家梯田生态系统可持续发展的不利因素,解决生态服务功能衰减的条件下人类、资源、环境、社会和经济均衡发展的问题具有重要意义。

## 1 系统概况及数据来源

### 1.1 系统概况

崇义客家梯田位于江西省崇义县境内,始建于宋末元初,盛建于明末,完工于清初。坐落在海拔 2061.30 m 的赣南第一高峰齐云山山脉范围内,属中亚热带季风湿润气候区,水热资源丰富,无霜期长。崇义客家梯田共有 3000 hm<sup>2</sup>,大多是陡坡梯田。规模性连片区位于上堡、思顺和丰州 3 个乡镇,涉 26 个行政村,面积 2044 hm<sup>2</sup>;核心区位于上堡乡,涉 10 个村,共有梯田 1491.13 hm<sup>2</sup>。本文研究区域为崇义客家梯田规模性连片区。

崇义客家梯田生态系统是由“人-梯田-山体”构成的具有生产、生活、生态和文化功能的复合系统,是人类社会与自然环境耦合的动态经济系统,主要由经济社会、自然资源、生态环境和文化科技等因素耦合而成(图 1)。构成系统的各因素彼此之间既互惠互利又相互制约(图 2)。崇义客家梯田生态系统可持续发展涉及资

源、环境、经济和社会等要素。自然资源和人类社会的有机结合使其具有生产、生活、生态和文化功能。作为生产功能的操作者、生活功能的体现者和文化功能的创造者,人类是影响崇义客家梯田生态系统协调发展的主要因素。

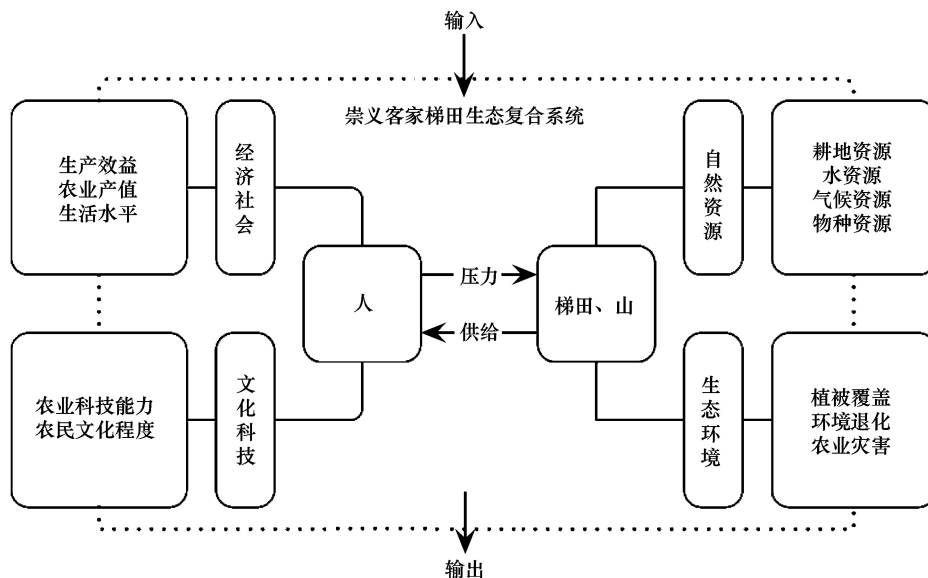


图1 崇义客家梯田生态可持续发展复合系统

Fig.1 The complex system of ecological sustainable development of the Hakka Terrace of Chongyi

## 1.2 数据来源

本研究中,农村人均土地面积、农村人均居住面积、种植业劳动比率、农民人均纯收入、农民受教育程度、教育支出、农田受灾率、农田退化率、农膜使用率、农田水利化程度等指标的基础数据来源于2014年12月和2016年3月崇义客家梯田规模性连片区实地调查;农业总产值、农民恩格尔系数、服务业产值和农业机械总动力等指标的基础数据参考《崇义统计年鉴(1990—2014)》、《崇义县政府工作报告(2000—2014)》。其中,农业总产值运用研究区农村从业人员占全县农村从业人员的比值进行折算。部分缺失数据应用回归模型<sup>[17]</sup>估算得出。

## 2 评价方法

### 2.1 崇义客家梯田生态系统可持续发展的内涵

崇义客家梯田生态系统可持续发展主要体现在可持续发展的度和势两方面。崇义客家梯田生态系统的可持续发展度是指其可持续发展目前所处的阶段,是其内部各要素的综合外部表现,是崇义客家梯田生态系统可持续发展现状的直观反映。通过评价可持续发展度,可以明确崇义客家梯田生态系统可持续发展所处水平。崇义客家梯田生态系统的可持续发展势主要反映其可持续发展的潜在能力,是指崇义客家梯田生态系统内部各要素对其生态后续发展的保障和支撑能力,是崇义客家梯田生态系统良性发展的内部驱动力,主要表现为系统内部各因素的协调发展程度(协调度)。评价崇义客家梯田生态系统的可持续发展势有利于了解崇义客家梯田生态系统可持续发展的潜能和影响因素。

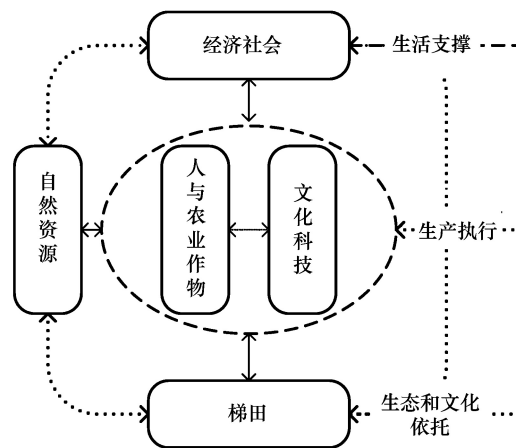


图2 崇义客家梯田生态系统各因素之间的耦合

Fig.2 Coupling between each factor of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi

<http://www.ecologica.cn>

表 1 崇义客家梯田生态系统可持续发展评价指标及其相对权重

| 目标层<br>Target                                                                                        | 准则层<br>Criterion      | 相对权重<br>Relative weight | 指标层<br>Index              | 相对权重<br>Relative weight | 综合权重<br>Comprehensive weight |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 崇义客家梯田生态系统<br>可持续发展(D)<br>Sustainable development of the<br>Hakka Terrace Ecosystem<br>of Chongyi(D) | 农村社会(Z <sub>1</sub> ) | 0.25                    | 农民恩格尔系数(X <sub>1</sub> )  | 0.57                    | 0.14                         |
|                                                                                                      |                       |                         | 农村人均土地面积(X <sub>2</sub> ) | 0.27                    | 0.07                         |
|                                                                                                      |                       |                         | 农村人均居住面积(X <sub>3</sub> ) | 0.04                    | 0.01                         |
|                                                                                                      |                       |                         | 种植业劳动力比率(X <sub>4</sub> ) | 0.13                    | 0.03                         |
|                                                                                                      | 经济发展(Z <sub>2</sub> ) | 0.25                    | 农业总产值(X <sub>5</sub> )    | 0.07                    | 0.02                         |
|                                                                                                      |                       |                         | 农民人均纯收入(X <sub>6</sub> )  | 0.28                    | 0.07                         |
|                                                                                                      |                       |                         | 服务业产值(X <sub>7</sub> )    | 0.65                    | 0.16                         |
|                                                                                                      |                       |                         | 农民受教育程度(X <sub>8</sub> )  | 0.63                    | 0.16                         |
|                                                                                                      | 文化科技(Z <sub>3</sub> ) | 0.25                    | 农业机械总动力(X <sub>9</sub> )  | 0.09                    | 0.02                         |
|                                                                                                      |                       |                         | 教育支出(X <sub>10</sub> )    | 0.28                    | 0.07                         |
|                                                                                                      |                       |                         | 农田受灾率(X <sub>11</sub> )   | 0.56                    | 0.14                         |
|                                                                                                      |                       |                         | 农田退化率(X <sub>12</sub> )   | 0.29                    | 0.07                         |
|                                                                                                      | 资源环境(Z <sub>4</sub> ) | 0.25                    | 农膜使用率(X <sub>13</sub> )   | 0.04                    | 0.01                         |
|                                                                                                      |                       |                         | 农田水利化程度(X <sub>14</sub> ) | 0.12                    | 0.03                         |

2.3.2 指标说明

本研究中,指标 X<sub>2</sub>表示农村家庭人均拥有的耕地面积(hm<sup>2</sup>/人);农村人均居住面积 X<sub>3</sub>指农村家庭人均所占有的住房面积(m<sup>2</sup>/人);种植业劳动力比率 X<sub>4</sub>表示从事种植业的劳动力占农村总劳动力的比例;服务业产值 X<sub>7</sub>指农业生产性服务业,农业生产性服务业有助于提高农业经济生产过程中各阶段的产出值和生产效率,有助于改善农业环境效率<sup>[29]</sup>。因此,本研究把服务业产值作为评价崇义客家梯田生态系统可持续发展的一个指标;农民受教育程度 X<sub>8</sub>是指农村初中及以上毕业劳动力占农村总劳动力的比例;教育支出 X<sub>10</sub>指居民家庭人均文化教育支出占居民家庭人均总支出的比例;农田受灾率 X<sub>11</sub>采用农作物受灾面积与实际种植面积比表示;农田退化率 X<sub>12</sub>用未耕种农田(包括废弃、闲置和建筑物用地)面积与实际耕地面积比表示;农膜使用率 X<sub>13</sub>是农膜在耕地中的残留量和农膜使用量之比,由于收集到的数据资料有限,本研究运用农膜使用面积和农作物播种面积之比代替;农田水利化程度 X<sub>14</sub>指有效灌溉面积占耕地面积比重;其他指标的名称与统计提要中的描述一致。

2.3.3 指标权重的确定

本文运用层次分析法(AHP)确定不同指标对于崇义客家梯田生态系统可持续发展影响程度的大小。层次分析法是通过比较同一目标下各指标的相对重要性,采用1—9标度法建立判断矩阵,从而计算出各指标的相对权重<sup>[30-34]</sup>,具体计算结果见表1。各层次单排序均通过一致性检验,对总排序进行一致性检验,得:CI=(0.06,0.03,0.04,0.08)∪(0.25,0.25,0.25,0.25)=0.05,RI=(0.90,0.58,0.58,0.90)∪(0.25,0.25,0.25,0.25)=0.74,CR=CI/RI=0.07<0.1,通过一致性检验。所以,各层次指标重要性排序有效。

2.3.4 指标标准化处理

由于选取的指标属性各异,数据之间难以直接作比。为了便于比较,需要消除各指标之间属性的影响。影响生态系统可持续发展的指标分为正、负效用两种,正效用指标值越大,越有利于生态系统的可持续发展;负效用指标值越大,越不利于生态系统的可持续发展。根据各指标属性的不同,运用参考值标准化法建立模型(1)、(2)对相关统计数据进行标准化处理,得出各指标的评定参数值。具体处理是以1990年各指标的统计数据作为参照值进行处理。

$$\xi_u = X_u/X_{i0} \text{ (第 } i \text{ 项指标为正作用指标)}$$
 (1)

$$\xi_u = X_{i0}/X_u \text{ (第 } i \text{ 项指标为负作用指标)}$$
 (2)

式中,  $\xi_{it}$  为第  $i$  项指标在第  $t$  年的评定参数值;  $X_{it}$  和  $X_{i0}$  为第  $i$  项指标在第  $t$  ( $t = 1990, 1991, \dots, 2012, 2013, 2014$ ) 年和基准年 (1990 年) 的统计数值。

## 2.4 模型选择

### 2.4.1 可持续发展评价模型

由于崇义客家梯田生态系统内部是由多因素耦合而成, 指标具有复杂性和层次性, 每一项指标体系都从不同的方面反映了崇义客家梯田生态系统的发展情况。因此, 崇义客家梯田生态系统的可持续发展评价是一种综合性评价。本研究采用多目标线性加权求和函数<sup>[35-36]</sup>评价崇义客家梯田生态系统可持续发展的综合性指标, 具体函数模型为:

$$\text{可持续发展综合评价总指数} \quad D_t = \sum_{i=1}^4 \omega_i Z_{ti} \quad (3)$$

$$\text{农村社会可持续发展能力} \quad Z_{t1} = \sum_{i=1}^4 \alpha_{1i} \xi_{it} \quad (4)$$

$$\text{经济发展可持续发展能力} \quad Z_{t2} = \sum_{i=1}^3 \alpha_{2i} \xi_{it} \quad (5)$$

$$\text{文化科技可持续发展能力} \quad Z_{t3} = \sum_{i=1}^3 \alpha_{3i} \xi_{it} \quad (6)$$

$$\text{资源环境可持续发展能力} \quad Z_{t4} = \sum_{i=1}^4 \alpha_{4i} \xi_{it} \quad (7)$$

式中,  $\omega_i$  为指标  $Z_i$  相对于  $D$  的权重;  $\alpha_{ki}$  ( $k=1, 2, 3, 4$ ) 为指标  $X_{ki}$  ( $k=1, 2, 3, 4$ ) 相对于  $Z_k$  ( $k=1, 2, 3, 4$ ) 的指标权重;  $\xi_{it}$  为第  $i$  个指标  $X_i$  在第  $t$  年的指标评定参数值。

显然, 崇义客家梯田生态系统可持续发展综合评价指数、农村社会、经济发展、科技文化和资源环境可持续发展能力值在基准年为 1。对任意给定的时间  $t$  ( $t > 1990$ ), 如果  $D_{t+1} \geq D_t$ , 则表明崇义客家梯田生态系统可持续状况良好。否则, 就存在影响其可持续发展的障碍因素, 此时, 需要做进一步分析, 厘清影响崇义客家梯田生态系统可持续发展的障碍因素。

### 2.4.2 发展协调度评价模型

发展协调度是反映崇义客家梯田生态系统内部社会、经济、文化科技和资源环境协调发展的量, 其值越大, 表明崇义客家梯田生态系统内部各因素的协调性越好。由于各因素的综合评价系数通常情况下满足正向耦合, 因此, 本研究采用模型 (8)、(9)、(10) 评估崇义客家梯田生态系统可持续发展度。

$$\rho_{ij} = \frac{\text{cov}(Z_i, Z_j)}{\sqrt{\text{var}(Z_i)} \sqrt{\text{var}(Z_j)}} \quad (8)$$

$$\rho_i = \frac{\text{cov}(Z_i, D)}{\sqrt{\text{var}(Z_i)} \sqrt{\text{var}(D)}} \quad (9)$$

$$\rho = \sqrt[4]{\prod \rho_i} \quad (10)$$

式 (8)、(9)、(10) 中,  $\rho_{ij}$ 、 $\rho_i$ 、 $\rho$  分别表示准则层不同指标之间的发展协调度、准则层与总体目标的发展协调度和整体发展协调度。本研究假定: 当  $\rho_{ij}, \rho_i, \rho \leq 0.45$  时, 生态系统发展不协调;  $0.45 < \rho_{ij}, \rho_i, \rho \leq 0.65$  时, 生态系统发展基本协调;  $\rho_{ij}, \rho_i, \rho > 0.65$  时, 生态系统发展协调。

### 2.4.3 发展障碍度模型

可持续发展综合评价是对崇义客家梯田生态系统发展现状 (度) 与潜在能力 (势) 的综合考察, 通过综合评价, 找出阻碍崇义客家梯田生态系统可持续发展的主要因素, 有目的地对崇义客家梯田生态系统发展对策做出相应的调整, 从而有效地增加系统的产投比, 实现系统内部各要素 (农村社会、经济发展、文化科技和资源环境) 协调统一发展的目标。

为实现崇义客家梯田生态系统的良性发展需要对其发展现状进行诊断。具体实施措施为采用“三度”指

标(因子贡献度、指标偏离度、障碍度)对影响崇义客家梯田生态系统可持续发展的障碍因素进行分析诊断<sup>[36-38]</sup>。因子贡献度( $F_{ij}$ )指各单项因素对总目标的重要程度,即单因素综合权重;指标偏离度( $B_{ij}$ )表示单项因素与生态系统发展目标之间的差距,本研究设为单项指标采用极值标准化值与 1 之差度量;障碍度( $O_{ij}$ )表示单项指标对崇义客家梯田生态系统可持续发展度的影响值,该指标是可持续发展障碍因素诊断的结果和依据。具体模型如下:

$$F_{ij} = \omega_i \times \alpha_{ki} \quad (10)$$

$$B_{ij} = 1 - Z_{ij} \quad (11)$$

$$O_{ij} = B_{ij} \times \frac{F_{ij}}{\sum_{j=1}^{14} B_{ij} \times F_{ij}} \quad (12)$$

$$O_i = \sum_j O_{ij} \quad (13)$$

式(10)、(11)、(12)、(13)中, $\omega_i$ 、 $\alpha_{ki}$ 的意义参考公式(3)~(7), $O_i$ 为准则层对总体目标的障碍度, $Z_{ij}$ 运用模型(14)、(15)进行计算。

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - X_j^{(1)}}{X_j^{(2)} - X_j^{(1)}} \quad (X_{ij} \text{ 为正向指标}) \quad (14)$$

$$Z_{ij} = \frac{X_j^{(2)} - X_{ij}}{X_j^{(2)} - X_j^{(1)}} \quad (X_{ij} \text{ 为负向指标}) \quad (15)$$

式中, $X_j^{(2)}$ 和 $X_j^{(1)}$ 分别为第 $j$ 个指标的极小值和极大值。

### 3 结果分析

#### 3.1 生态可持续发展状况

崇义客家梯田生态系统可持续发展状况包括综合发展状况和各分层指标现有发展水平两部分。

##### 3.1.1 综合评价结果

1990—2014 年间,崇义客家梯田生态系统可持续发展综合指数有一定的提高,2014 年可持续发展综合指数是 1990 年的 2.22 倍。在此期间,虽然发展有所起伏,但总体朝好的趋势发展(图 3)。

##### 3.1.2 分层指标对比

图 3 同时也刻画了各准则层的评价指数变化趋势。1990—2004 年间,资源环境可持续发展指数相对较低,表明崇义客家梯田生态系统内消耗能力不强,导致资源环境协调能力减弱,使生态系统内部压力增加,造成资源环境利用效率不高。

(1)农村社会。1991—1993 年的发展指数低于 1990 年,情况的发生主要有两方面的原因:第一,系统外部因素;第二,20 世纪 90 年代初期,内地农村劳力开始大量涌向沿海及发达地区务工,在获取经济利益的同时也开始学习新的生活消费方式,人们逐渐注重自己的饮食结构,不再是单纯地追求吃饱,更多是追求膳食营养的丰富,因此,此时期恩格尔系数(个人食品消费支出占个人消费总支出的比例)较 1990 年大,1991—1993 年崇义客家梯田规模性连片区农村居民的恩格尔系数均值为 0.55,1990 年农村居民的恩格尔系数为 0.45。恩格尔系数是负作用指标,指标值越大,阻碍农村社会可持续发展的作用越大。从 1994 年开始,农村社会发展指数呈逐渐增长趋势,发展水平逐步提高。2014 年农村社会发展指数是 1990 年的 1.84 倍,年均增长 2.58%。

(2)经济发展。经济发展指数除了 1993、1998 年出现一些波折外(1993 和 1998 年江西全省出现了特大洪涝灾害,灾害对农村经济发展具有很轻的冲击力),整体发展迅速。2014 年,经济发展综合指数是 1990 年的 3.30 倍,年均增长率为 5.10%。经济发展是正作用指标,虽然目标层各指标对总体的贡献度相同,但经济

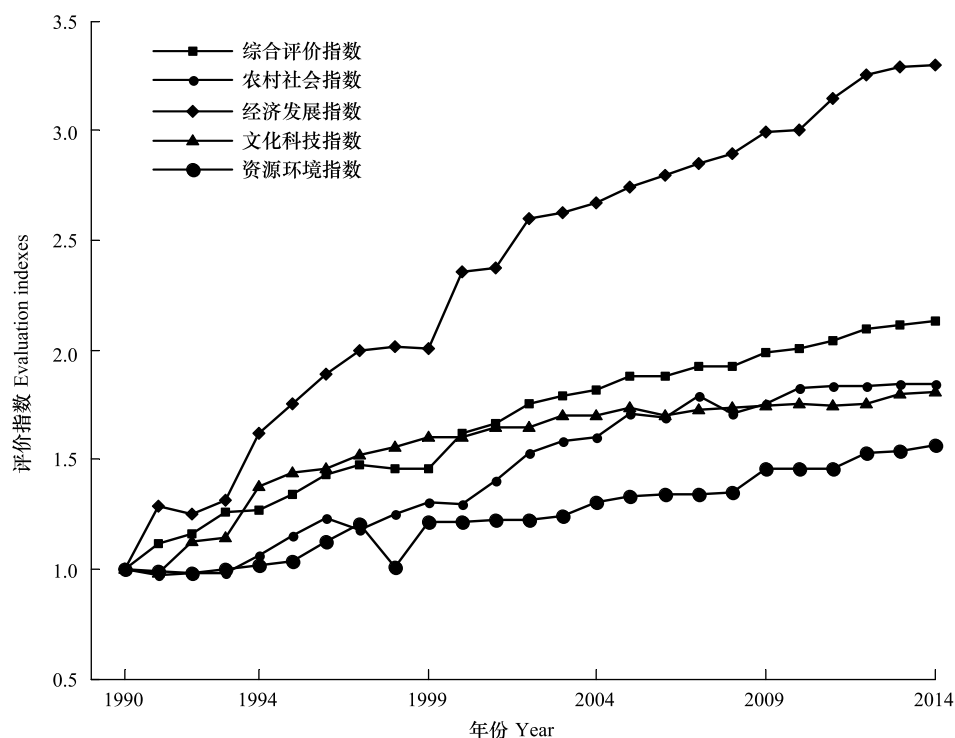


图3 崇义客家梯田生态系统可持续发展综合评价指数

Fig.3 The comprehensive evaluation indexes of sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi

发展增长指数较其他指标大,所以更能影响崇义客家梯田生态系统总体发展指数。21世纪,“三农”问题的提出,农业补贴政策和农业税制改革的实施,使农民的生产积极性得到充分提高,农业产值快速增长。近年来,随着崇义客家梯田生态系统申遗工作的开展,崇义客家梯田逐渐为外界所认知,从而带动了本地服务业的发展。

(3)文化科技。除1991年外,崇义客家梯田生态系统文化科技发展指数均大于1,指数变化趋势为逐渐增长,从图形上来看,可分为两个阶段:第一阶段为1990—1994年,指数快速增长,年均增长率为8.36%,主要因为这一时期农民开始大量向沿海一些发达地区外出务工,通过与外界的接触,认识到文化科技对于促进地区生态安全的重要性。第二阶段为1995—2014年,指数虽不断增长,但增长缓慢,年均增长率为1.23%,约为第一阶段的八分之一。情况表明,通过第一阶段的积累,崇义客家梯田规模性连片区农民充分意识到文化科技有助于促进农业生产,有利于提高农民生活。农民对文化科技的意识有了本质的改变,每年对文化科技的投入就会相对比较稳定。所以文化科技综合发展指数难以再像第一阶段那样快速增长。

(4)资源环境。1990—2014年,崇义客家梯田生态系统资源环境可持续发展指数波动增长,根据图形3,资源环境可持续指数可分为3种形式:U型变化形式(1990—1996年)、V型变化形式(1997—1999年)和缓慢增长(2000—2014年)。U型变化阶段前期,农村劳动力大量外流,农村出现劳动力荒,有些耕地被荒废和闲置;与此同时,由于农民在外务工赚钱更多,有钱去改善自己的住房,农民在选择宅基地时倾向于易平整的农田,因此,农田退化率在这一时期变大。农田退化率是负效用因素,其值增大,资源环境可持续发展受阻。U型变化阶段后期,随着与发达地区交流的不断深入,农民对农村资源环境的认识也发生了根本的变化。既学到了先进的种植技术、农田防护措施,也了解到农田保护的重要性和国家保护耕地的法律法规,因此,农田退化率、农田抗灾率、农膜使用率和农田水利化程度都朝着有利于资源环境可持续方向发展。V型变化产生的主要原因是1998年江西省出现特大洪涝灾害,农田受灾面积大。2000—2014年,资源环境可持续发展指数增长缓慢,年均增长1.80%。究其原因,主要因为国家保护农田的法律法规的日臻完善,农民种植制度的革

新,以及农民农田防护意识的增强。

### 3.2 生态可持续发展协调程度

生态发展协调度反映指标之间发展的协调程度,可用来体现崇义客家梯田规模性连片区生态可持续发展的潜在能力。本研究主要分析了各分层指标之间及分层指标与总体目标的协调情况。

#### 3.2.1 准则层之间的协调发展程度

运用模型(8)算得指标之间的协调度 $\rho_{ij}$ (表2)。由表知,所有指标之间的协调度 $\rho_{ij}>0.65$ ,因此,各指标发展协调性好,有助于目标系统的可持续发展。

表 2 崇义客家梯田生态系统可持续发展准则层之间的协调度

| Table 2 The coordination degree of sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi |       |       |       |       |           |       |       |       |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 因素 Factor                                                                                            | $Z_1$ | $Z_2$ | $Z_3$ | $Z_4$ | 因素 Factor | $Z_1$ | $Z_2$ | $Z_3$ | $Z_4$ |
| $Z_1$                                                                                                | 1.00  | 0.98  | 0.90  | 0.95  | $Z_3$     | 0.90  | 0.94  | 1.00  | 0.85  |
| $Z_2$                                                                                                | 0.93  | 1.00  | 0.94  | 0.96  | $Z_4$     | 0.95  | 0.96  | 0.85  | 1.00  |

#### 3.2.2 准则层与总体目标的协调程度

利用公式(9)算得准则层与总体目标的协调度 $\rho_i$ (表3)。由表3知,准则层中每个指标与总体的协调性好,指标的良性发展能够促进总体的可持续发展。协调度大小排序为 $\rho_2 > \rho_1 > \rho_4 > \rho_3$ 。

#### 3.2.3 客家梯田生态系统整体协调发展程度

根据表3所给结果,运用公式(10)算得崇义客家梯田生态系统整体协调发展综合指数为 $0.96>0.65$ ,表明崇义客家梯田生态系统可持续发展的整体性协调,可持续发展存在巨大潜力。

表 3 准则层相对总体目标的协调度

Table 3 The coordination degree of the criterion level relative to the target

| 因素 Factor                       | $Z_1$ | $Z_2$ | $Z_3$ | $Z_4$ |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 协调度( $\rho_i$ )<br>Coordination | 0.98  | 0.99  | 0.93  | 0.95  |

### 3.3 障碍因素诊断

运用公式(10)——(12)计算出2014年单项因素的障碍度,取值较大的前8项,并按照大小顺序进行排序。具体结果见表4。

2014年,影响崇义客家梯田生态系统可持续发展的主要障碍因素按它们值的大小顺序排序:服务业产值>农民受教育程度>农民恩格尔系数>农田受灾率>农田退化率>教育支出>农民人均纯收入>农村人均土地面积。在障碍因素的排名表中,前四名分属相应的准则层。把单项指标的障碍度代入模型(13)得2014年准则层对崇义客家梯田生态系统总体发展的障碍度。2014年,准则层对客家梯田生态系统所起的障碍作用相近,按照值的大小排序为:经济发展>文化科技>农村社会>资源环境(图4)。

表 4 2014 年崇义客家梯田生态系统可持续发展主要障碍因素排序

| Table 4 The main obstacle factors of sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi in 2014 |        |        |        |          |          |          |        |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|--------|--------|
| 顺序 Order                                                                                                       | 1      | 2      | 3      | 4        | 5        | 6        | 7      | 8      |
| 障碍因素 Obstacle factors                                                                                          | $X_7$  | $X_8$  | $X_1$  | $X_{11}$ | $X_{12}$ | $X_{10}$ | $X_6$  | $X_2$  |
| 障碍度 Obstacle degree                                                                                            | 0.1747 | 0.1681 | 0.1508 | 0.1290   | 0.0713   | 0.0705   | 0.0694 | 0.0677 |

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

通过运用综合加权函数对崇义客家梯田生态系统可持续发展作综合评价,发现1990年以来,崇义客家梯田生态系统可持续发展综合指数逐渐变大,生态系统处于良性发展状态。其中,1990—1994年是崇义客家梯田生态系统发展综合指数主要积累阶段。2000—2014年,崇义客家梯田生态系统可持续发展综合指数增长较为稳定,生态系统可持续发展处于较高水平。

通过对崇义客家梯田生态系统可持续发展协调度研究,得出准则层与准则层、准则层与目标层之间的协调度都大于 0.65,表明崇义客家梯田生态系统内部反映可持续发展的指标间彼此协调程度非常好,崇义客家梯田生态系统可持续发展具有较大的潜能。

通过对 2014 年影响崇义客家梯田生态系统可持续发展的障碍因素进行诊断,了解经济发展在制约崇义客家梯田生态系统可持续发展方面稍强于其他因素,其次是文化科技因素。经济发展中,农民人均纯收入、服务业产值是主要制约因素;农民受教育程度、教育支出是文化科技方面的制约因素<sup>[39]</sup>。因此,合理提高农民人均纯收入和受教育程度,增加服务业产值与农村文化科技,是一种促进崇义客家梯田生态系统可持续发展的有效方法。

本研究基于崇义客家梯田生态系统的本质,从系统构成和系统要素耦合出发,利用可持续发展度评价崇义客家梯田生态系统中农村社会、经济发展、文化科技和资源环境等功能所处的发展水平,以发展协调度和障碍度来判断崇义客家梯田生态系统在一定时空内的发展潜力、发展障碍因素,从而对崇义客家梯田生态系统可持续发展状态、能力有了较为科学和准确的定位,为政府实施可持续管理提供了有效的支撑<sup>[18]</sup>。然而,评价的合理性关键在于指标的选取、指标权重的确定、指标正负效应性的判定以及数据获取。本研究依据已有文献<sup>[18,35-39]</sup>和专家咨询的结果确定指标及其权重和正负效应,数据获取依据实地调查和当地统计年鉴,具有一定的实践意义,然而由于过程中涉及到人的一些主观因素,从而评价结果与实际情况具有一定的偏差。要使评价结果更能准确地反映崇义客家梯田生态系统的可持续发展状况,减少评价过程中人为主观因素需进一步研究。此外,由于崇义客家梯田生态系统是客家文化和当地资源环境耦合形成的复合生态系统<sup>[7-8]</sup>,具有显著的区域特色<sup>[16]</sup>,因此,在指标的选取、正负效应判定上需要结合系统的特点。但受研究资料所限,本文在作指标的选取、正负效应判定时未能细致地反映系统特性。如:农村人均土地面积、农业机械总动力在本研究中作为正效应指标处理,但它们作为正向指标是否符合崇义客家梯田生态系统的实际情况则值得进一步探讨;还有,崇义客家梯田生态系统作为中国重要农业文化遗产<sup>[2]</sup>,传统的耕作方式、农业文化应是考察其可持续发展的重要指标之一。因此,未来的研究,应从考虑系统特性方面开展深入研究。

## 4.2 结论

本研究基于崇义客家梯田生态系统的内部结构,利用生态复合系统的结构分析方法,构建了以经济社会、自然资源、生态环境和文化科技为基础的可持续发展的指标体系和评价模型,对崇义客家梯田生态系统中农村社会、经济发展、文化科技和资源环境的可持续发展度、势、可持续发展协调度及障碍度作了综合评价。评价结果表明:崇义客家梯田生态系统可持续发展度良好,可持续发展协调性较好,可持续发展潜力较大。政府要挖掘崇义客家梯田生态系统可持续发展的潜力,促进其健康可持续发展,需要加大农业科技投入;提高服务业产值;增加教育投入,提高农民的受教育程度;提高农民的人均纯收入。该方法理论可行、实践可操作,能有效地反映崇义客家梯田生态系统可持续发展的综合水平。

致谢:衷心感谢中国科学院地理科学与资源研究所李文华院士和闵庆文研究员的大力支持!

## 参考文献 (References):

- [1] 张永勋, 闵庆文. 稻作梯田农业文化遗产保护研究综述. 中国生态农业学报, 2016, 24(4): 460-469.
- [2] 缪建群, 杨文亭, 杨滨娟, 马艳芹, 黄国勤. 崇义客家梯田生态系统服务功能及价值评估. 自然资源学报, 2016, 31(11): 1817-1831.

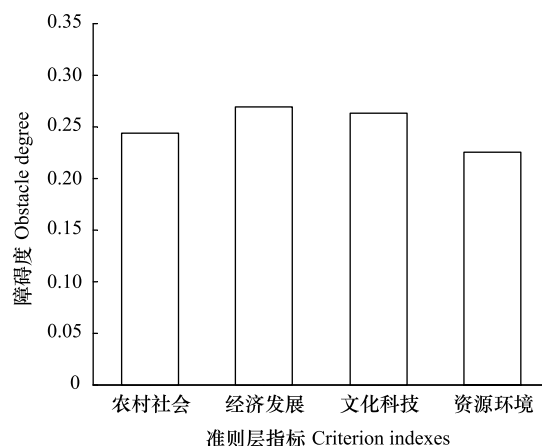


图 4 2014 年崇义客家梯田生态系统可持续发展准则层障碍度

Fig. 4 The obstacle degree of sustainable development of the Hakka Terrace Ecosystem of Chongyi in 2014

- [3] 陈蝶, 卫伟, 陈利顶. 梯田景观的历史分布及典型国际案例分析. 应用生态学报, 2017, 28(2): 689-698.
- [4] 姚敏, 崔保山. 哈尼梯田湿地生态系统的垂直特征. 生态学报, 2006, 26(7): 2115-2124.
- [5] Zhang Y X, Min Q W, Jiao W J, Liu M C. Values and conservation of Honghe Hani Rice terraces system as a GIAHS site. Journal of Resources and Ecology, 2016, 7(3): 197-204.
- [6] Li J, Jiao W J, Min Q W, Li W H. Effects of traditional ecological knowledge on the drought-resistant mechanisms of the Hani Rice terraces system. Journal of Resources and Ecology, 2016, 7(3): 211-217.
- [7] 胡兴兴, 闵庆文, 赖格英, 吴青, 陈桃金, 潘思怡. 农业文化遗产非使用价值支付意愿的区域差异——以江西崇义客家梯田系统为例. 资源科学, 2017, 39(4): 737-746.
- [8] 陈桃金, 刘维, 赖格英, 赖怡恬, 吴青, 李世伟. 江西崇义客家梯田的起源与演变研究. 江西科学, 2017, 35(2): 213-218, 257-257.
- [9] 王大琼, 角媛梅, 何礼平, 宗路平, 向东福, 胡志昕. 基于河渠连接度的哈尼梯田景观水源稳定性评价. 生态学杂志, 2014, 33(10): 2865-2872.
- [10] Chen B X, Qiu Z M, Nakamura K. Tourist preferences for agricultural landscapes: a case study of terraced paddy fields in Noto Peninsula, Japan. Journal of Mountain Science, 2016, 13(10): 1880-1892.
- [11] 白艳莹, 闵庆文, 李静. 哈尼梯田生态系统森林土壤水源涵养功能分析. 水土保持研究, 2016, 23(2): 166-170.
- [12] 杨伦, 刘某承, 闵庆文, 田密, 张永勋. 哈尼梯田地区农户粮食作物种植结构及驱动力分析. 自然资源学报, 2017, 32(1): 26-39.
- [13] Rahman M A, Kang S C, Nagabhatla N, Macnee R. Impacts of temperature and rainfall variation on rice productivity in major ecosystems of Bangladesh. Agriculture & Food Security, 2017, 6: 10.
- [14] Rodriguez V P, Anderson K C. Terracing in the Mixteca Alta, Mexico: cycles of resilience of an ancient land-use strategy. Human Ecology, 2013, 41(3): 335-349.
- [15] 刘某承, 熊英, 白艳莹, 杨伦, 闵庆文. 生态功能改善目标导向的哈尼梯田生态补偿标准. 生态学报, 2017, 37(7): 2447-2454.
- [16] 缪建群, 王志强, 杨文亭, 孙松, 黄国勤. 崇义客家梯田生态系统服务功能. 应用生态学报, 2017, 28(5): 1642-1652.
- [17] 周秀轻, 王金德. 随机删失数据非线性回归模型的最小一乘估计. 中国科学 A 辑 数学, 2005, 35(4): 387-403.
- [18] 刘兴元, 王玮. 藏北草地生态系统可持续发展能力评价. 自然资源学报, 2013, 28(7): 1209-1220.
- [19] Zoderer B M, Stanghellini P S L, Tasser E, Walde J, Wieser H, Tappeiner U. Exploring socio-cultural values of ecosystem service categories in the Central Alps: the influence of socio-demographic factors and landscape type. Regional Environmental Change, 2016, 16(7): 2033-2044.
- [20] 蒋维, 王俊, 杨新军, 刘文兆. 黄土高原农村社会——生态系统体制转换初探——以陕西省长武县洪家镇为例. 人文地理, 2011, 26(1): 56-60.
- [21] 雷明. 论农村社会治理生态之构建. 中国农业大学学报: 社会科学版, 2016, 33(6): 5-13.
- [22] 苟钰姣, 刘兴元, 张伟明, 徐长林, 龙瑞军. 祁连山牧区妇女社会地位及其对草地政策的认知度. 生态学报, 2015, 35(10): 3472-3479.
- [23] Zhao Z L, Wu X, Zhang Y L, Gao J G. Assessment of changes in the value of ecosystem services in the Koshi River Basin, central high Himalayas based on land cover changes and the CA-Markov model. Journal of Resources and Ecology, 2017, 8(1): 67-76.
- [24] 赵江, 沈刚, 严力蛟, 黄璐, 金爱民, 霍思高. 海岛土地利用与生态系统服务价值变化分析——以浙江舟山册子岛为例. 科技通报, 2017, 33(1): 230-234, 239-239.
- [25] 刘海, 殷杰, 林苗, 陈晓玲. 基于 GIS 的鄱阳湖流域生态系统服务价值结构变化研究. 生态学报, 2017, 37(8): 2575-2587.
- [26] Bausch J C, Bojórquez-Tapia L, Eakin H. Agro-environmental sustainability assessment using multicriteria decision analysis and system analysis. Sustainability Science, 2014, 9(3): 303-319.
- [27] Ekins P. Sustainable growth revisited: technology, economics and policy: A contribution to the special section of *Mineral Economics* 'resources, energy and eco-innovation'. Mineral Economics, 2012, 24(2/3): 59-77.
- [28] Zheng H B, Huang H, Chen C, Fu Z Q, Xu H Q, Tan S D, She W, Liao X L, Tang J W. Traditional symbiotic farming technology in China promotes the sustainability of a flooded rice production system. Sustainability Science, 2017, 12(1): 155-161.
- [29] 高媛. 农业生产性服务业发展对生态环境的影响——以安徽省为例[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2014.
- [30] Salazar-Ordóñez M, Rodríguez-Entrena M, Sayadi S. Agricultural sustainability from a societal view: an analysis of southern Spanish citizens. Journal of Agricultural and Environmental Ethics, 2013, 26(2): 473-490.
- [31] Belton V. A comparison of the analytic hierarchy process and a simple multi-attribute value function. European Journal of Operational Research, 1986, 26(1): 7-21.
- [32] Harker P T, Vargas L G. Reply to "remarks on the Analytic Hierarchy Process" by J. S. Dyer. Management Science, 1990, 36(3): 269-273.
- [33] Saaty T L. An exposition on the AHP in reply to the paper "Remarks on the Analytic Hierarchy Process". Management Science, 1990, 36(3): 259-268.
- [34] Saaty T L. Response to holder's comments on the analytic hierarchy process. Journal of the Operational Research Society, 1991, 42(10): 909-914.
- [35] 曹执令. 区域农业可持续发展指标体系的构建与评价——以衡阳市为例. 经济地理, 2012, 32(8): 113-116.
- [36] 马其芳, 黄贤金, 彭补拙, 翟文侠, 刘林旺. 区域农业循环经济发展评价及其实证研究. 自然资源学报, 2005, 20(6): 891-899.
- [37] 吴开亚. 巢湖流域农业循环经济发展的综合评价. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(1): 94-98.
- [38] 杜红梅, 傅知凡. 湖南农业循环经济发展评价体系及实证分析. 经济地理, 2016, (6): 167-175.
- [39] 朱丕荣. 国外重视农民文化科技素质的提高. 世界农业, 1993, (11): 3-6.