

农业文化遗产保护预警评价体系构建与方法研究

崔峰, 王哲政

(南京农业大学人文与社会发展学院, 南京 210095)

摘要: 农业文化遗产保护预警作为农业文化遗产动态保护、适应性管理的重要内容, 对农业文化遗产价值的维护和农业文化遗产地可持续发展具有重要意义。针对当前农业文化遗产保护预警理论研究和实践工作较为滞后的状况, 在界定农业文化遗产保护预警概念的基础上, 结合农业文化遗产的属性和特点, 提出构建农业文化遗产保护预警评价体系的基本原则, 基于“压力—状态—响应”模型(PSR)并运用德尔菲法, 最终筛选出农业文化遗产保护预警评价的3个一级指标、11个二级指标和21个三级指标。鉴于农业文化遗产保护预警评价具有较大的模糊性, 本文给出运用模糊综合评判法进行农业文化遗产保护预警评价的技术路线, 依据确定的警度区间将农业文化遗产保护预警级别划分为四个等级(无警、轻警、中警、重警), 并综合运用大气污染预警分级和交通信号警示灯原理, 分别用蓝色、黄色、橙色、红色直观反映农业文化遗产保护警戒情况。研究结果认为: 给出的评价指标体系和评价方法, 可以对农业文化遗产保护预警状况进行有效定量评估, 进而为建立科学的农业文化遗产保护预警机制提供理论与方法基础。

关键词: 农业文化遗产; 预警评价; 指标体系; 模糊综合评判法; PSR模型

自2002年联合国粮农组织(FAO)等机构启动“全球重要农业文化遗产(Globally Important Agricultural Heritage Systems, GIAHS)动态保护与适应性管理”项目以来, 与农业文化遗产相关的话题逐渐得到各方关注^[1-6]。与此同时, 随着工业化、城镇化的快速推进, 不少农业文化遗产地正面临着诸如资源受损、景观质量下降、生态环境破坏、游客超载等诸多威胁^[7-15]。为有效推进农业文化遗产的保护和可持续利用, 关键之一是在了解农业文化遗产地自然过程及人类活动强度是否超越了农业文化遗产承受能力的基础上, 前瞻性地采取预防性保护措施^[16-18]。预防性保护一词为“Preventive Conservation”的直译, 其概念于1930年在罗马召开的第一届艺术品检查和保护科学方法研究国际会议上最早提出, 起初被运用于馆藏文物的相关保护之中, 是文物保护由“抢救性”向“预防性”、由“被动修复”向“主动预防”的转变, 现已成为遗产保护的一种重要理念或手段。而开展农业文化遗产监测预警^[19]研究, 正是实现农业文化遗产预防性保护最为重要的基础性工作^[20]。国内外有关危机管理研究中, 通常将监测、预警统一为一个系统加以研究, 但严格来说, 二者具有不同的功能。监测是通过一定的科学方法, 对可能诱发灾害的各种因素和灾害本身的变化进程进行适时观察、测定, 及时了解其活动、变化规律和趋势; 预警则是根据监测系统提供的信息及其预测结果来确定是否发出警报以及发出警报的级别。

收稿日期: 2022-06-06; 修订日期: 2022-12-05

基金项目: 江苏省高校哲学社会科学研究重点项目(2011ZDIXM013)

作者简介: 崔峰(1973-), 男, 山西沁源人, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事农业文化遗产保护与利用、旅游开发与管理研究。E-mail: cuifeng@njau.edu.cn

近年来,国内外已有一些学者开始涉足农业文化遗产监测预警的相关研究。杨波等^[20]在系统总结世界遗产监测评估方法及日韩两国经验的基础上,结合中国遗产管理工作现状,提出农业文化遗产监测评估框架体系。闵庆文等^[21]回顾了国际、国内关于世界遗产监测评估的发展历程,梳理了国内外世界遗产监测评估的研究进展,为农业文化遗产监测预警研究提供了有益启示。刘海涛等^[22]简要比较了中日韩三国关于全球重要农业文化遗产监测评估工作的主要特点。焦雯珺等^[23-25]对农业文化遗产监测的概念与内涵、监测范围与内容、数据收集与管理等关键问题进行了阐述,提出由三级监测网络和两级巡视制度构成的GIAHS监测体系,并以此为基础提出GIAHS监测年度报告设计方案,为农业文化遗产监测工作的有效开展提供了理论指导。此外, Mauro等^[26]认为构建监测系统是对传统农业景观进行有效管理、保护和价值评估的最重要手段之一,并对意大利农业、食品和森林政策部传统农业景观监测项目的实施情况进行了分析,结果表明在最近的五年中,意大利传统农业景观并未发生大的变化,即使在33个被认为转变显著的地区,历史景观特征也得以很好保持,这些情况均印证了传统农业景观系统尽管在气候和社会经济压力下所具有的恢复力。Sheryl等^[27]对日本11项GIAHS申请方案进行了系统评述,提出一套综合性推荐指标,不仅有助于提高今后GIAHS项目方案的信息完整性,而且有助于制定GIAHS保护行动计划和开展相关监测工作。

总体来看,上述成果对推动农业文化遗产监测预警研究均提供了有益经验和借鉴,但相对于农业文化遗产其他领域的研究,目前该领域研究尚处于起步阶段^[24,28,29]。正如Sheryl等^[27]所指出的,虽然联合国粮农组织“全球重要农业文化遗产动态保护与适应性管理”项目实施已二十年,但它并没有对GIAHS保护监测提出任何要求,也未给予指导,而是由各个GIAHS点自愿开展自我评估。农业文化遗产监测预警评价指标体系和方法研究,仍处于讨论和探索之中。其中,在评价指标设计上,尽管已有研究具有一定的系统性和全面性,但较多的指标(特别是需要通过农户调查来获取数据的定性指标)在某种程度上可能会造成数据收集的困难,不利于农业文化遗产监测预警工作的持续开展;在预警评价方法上,至今则未有具体探讨。有鉴于此,本文在阐明农业文化遗产保护预警概念的基础上,试图构建系统性和可操作性兼具的农业文化遗产保护预警评价指标体系,并给出简便易行的农业文化遗产保护预警评价方法,一方面为推进农业文化遗产监测预警学术研究提供新的视角和框架,另一方面则为农业文化遗产监测预警实践工作开展提供理论和方法支撑。

1 农业文化遗产保护预警概念界定

所谓“预警”(early-warning),即“预测和告警”之意,是指根据系统内外部条件和环境变化,通过调查所获资料,对系统未来可能发生的不利事件或风险程度做出定性、定量预测,并及时向有关决策部门发出警示,从而提前采取应急预案,最大程度避免危害的发生或减少损失^[30,31]。预警研究最早可追溯到19世纪末法国经济学家用颜色表示的法国经济波动,之后的近一百年中欧洲各国及日本纷纷建立起自己的经济景气预警指标和系统^[32]。随着雷达系统诞生,“预警系统”的科学概念被人们正式提出,即基于某种状态偏离预警线强弱程度以确定预警程度并发出预警信号的信息系统^[33]。目前,预警工作已在生物、土地、人口、经济、自然灾害等领域广泛开展。

农业文化遗产作为一种典型的自然—经济—社会文化复合系统^[34]，它在面对人口增长、城镇化快速推进等风险和压力时，相较一般的遗产类型更具脆弱性和敏感性^[35]。当这些因素的影响超过了农业文化遗产自身的修复能力，则必须进行预警。否则，将可能导致农业文化遗产的功能退化、结构破坏、生物多样性和文化多样性丧失，进而威胁到区域可持续发展。

综合学术界对“预警”及“预警系统”概念的理解，本文将农业文化遗产保护预警的概念定义为：当农业文化遗产所依托的内外部环境（条件）发生有可能危及农业文化遗产保护与可持续利用的变化时，为有效规避未来有可能产生的不利影响，人们通过某种手段和方法对农业文化遗产面临的潜在风险程度做出的一种预测和警示。

2 农业文化遗产保护预警评价指标体系构建

2.1 PSR模型框架引入

PSR（Pressure-State-Response）模型，最初由加拿大统计学者David J. Rapport和Anthony Marcus Friend提出，后由世界经济合作与发展组织（OECD）和联合国环境规划署（UNEP）加以发展，是用于研究系统在人类作用下如何演变问题而广泛采用的分析框架之一^[36,37]。该模型的压力—状态—响应过程不仅考虑到系统的整体状况以及人类、自然对系统的破坏程度，而且考虑到人类为维护系统所采取的行动，能对系统的动态变化情况做出科学评价^[38]，非常适合运用到农业文化遗产保护预警评价研究中。基于对农业文化遗产属性和特点的分析，本文基于PSR模型构建农业文化遗产保护预警评价框架如下（图1）。其中：压力子系统（P）包括人口压力、经济社会压力、环境压力等，即随着人口增长、社会经济发展和环境等的变化，农业文化遗产保护面临着越来越多来自这些方面的压力；状态子系统（S）包括资源状况、环境状况、社会文化状况等，即在压力作用下，农业文化遗产地的资源、环境、居民生活、文化多样性等均不可避免地受到影响；响应子系统（R）包括政府的政策制定、财政投入和社区参与等，即为了维护农业文化遗产免遭破坏，必须发挥政府和民间的力量，构建由政府 and 居民共同参与的协同保护机制。模型中的压力子系统、状态子系统和响应子系统相互关联，形成一个互动反馈的作用关系。

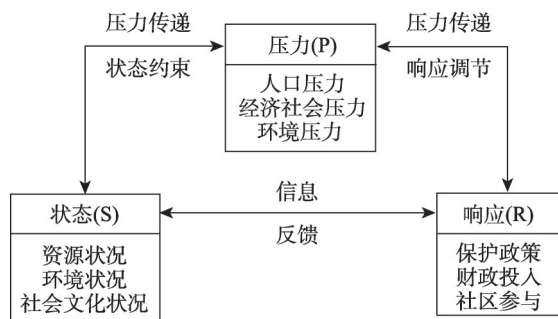


图1 农业文化遗产保护预警评价的PSR模型

Fig. 1 PSR model for early-warning evaluation of agricultural heritage protection

2.2 评价指标体系构建原则

为科学构建农业文化遗产保护预警评价指标体系，在对相关研究^[34,39-43]进行深入分析基础上，结合农业文化遗产基本特点和遴选标准^[44-47]，提出如下基本原则：

（1）科学性原则

农业文化遗产保护预警评价指标选取必须严谨、科学、合理，要遵循农业文化遗产保护与利用的规律，考虑农业文化遗产的自然属性、经济属性和社会文化等属性^[48]，反映农业文化遗产保护的本质要求、现实需要和长远目标。同时，应注重分析各指标的含

义,不同指标之间既相互独立又共同构成一个整体。

(2) 系统性原则

农业文化遗产保护涉及自然、经济、社会文化等诸多方面,是一项系统工程^[49-52],忽略任何一个方面,都可能造成对农业文化遗产保护的不利影响。因此,在构建农业文化遗产保护预警评价指标体系时,应对涉及农业文化遗产保护多方面的因素进行系统分析和考量,尽可能做到周全。既有绝对指标,也有相对指标;既有总量指标,也有增量指标。

(3) 针对性原则

农业文化遗产作为一种重要的文化遗产类型,其保护预警评价指标体系构建可充分吸收文化遗产预警研究的相关成果,但不可否认,目前对一般文化遗产预警评价体系的构建仍停留在历史建筑等物质空间层面,对非物质文化遗产和社会经济环境要素的考虑不足^[53],尤其缺乏基于系统论角度对遗产保护、活态传承与社区居民参与和生计改善等关系的关照,而这正是农业文化遗产与其他文化遗产类型的重要不同。因此,在构建农业文化遗产保护预警评价指标体系时,必须结合农业文化遗产自身属性,突出其特点。

(4) 主导性原则

影响农业文化遗产保护的因素众多,有的起主导作用,有的起次要作用,一而概全地选取指标既不可能又无必要。因此,在注重系统性原则基础上,应选择那些具有一定综合性、代表性和典型性的主导性、关键性指标^[54]。这样做的好处是,既能简化指标体系,使所选指标间的相关程度最小化,避免重复计算,又能集中反映农业文化遗产保护各方面的特征和状况。

(5) 可操作性原则

为保证评价结果的可靠性和准确性,农业文化遗产保护预警评价指标的选取须综合考虑指标量化和数据资料获取难易程度等因素,应尽可能考察那些能够通过现有统计资料或通过实地调研等途径获取的数据。对于一些难以量化的社会、文化类因素,可以设计成定性指标,将定性指标和定量指标有机结合起来。

2.3 评价指标确定

农业文化遗产保护预警评价指标体系构建是一项科学而严谨的工作。为保证指标选取的科学性和合理性,本文采取如下步骤确定农业文化遗产保护预警评价指标:首先,遵循农业文化遗产保护预警评价指标体系构建的上述5个基本原则,借鉴和参考相关文献^[20,24,25,36,55,56],初步设计农业文化遗产保护预警评价指标体系。其次,分别于2021年11-12月、2022年1-2月,将初步设计和修改后的农业文化遗产保护预警评价指标体系,先后向从事遗产学、景观学、旅游学、地理学、生态学等学科及行业专家共计15名征询意见。其中,第一轮专家征询,重点就农业文化遗产保护预警评价的因素层、指标层进行讨论,合并了部分交叉重复的指标,提出了一些需要增加或缺失的指标;第二轮专家征询,重点就修改后的农业文化遗产保护预警评价各层次指标进行再斟酌,并围绕各个指标的可操作性及可测度性进行深入讨论。最后,综合专家意见和相关研究成果,确定农业文化遗产保护预警评价指标体系(表1)。

确定后的农业文化遗产保护预警评价指标体系共包括目标层、项目层、因素层和指标层四个层级。

目标层:即农业文化遗产保护预警评价,用以反映农业文化遗产总体保护状况。

项目层:分为压力指标(P)、状态指标(S)、响应指标(R)三个方面(一级指

表1 农业文化遗产保护预警评价指标体系

Table 1 Early-warning evaluation index system of agricultural heritage protection

目标层	项目层	因素层	指标层	指标性质
农业文化遗产保护预警评价	压力 (P)	人口压力	人口增长率/%	+
			人口密度/(人/km ²)	+
		经济发展压力	GDP增长率/%	+
			城镇化率/%	+
			耕地非农化指数/%	+
			旅游开发强度/%	+
		环境压力	自然灾害发生率/%	+
			水土流失率/%	+
			废水排放量/万t	+
			单位耕地化肥农药负荷/(kg/hm ²)	+
	状态 (S)	景观格局	景观多样性指数/%	-
			景观破碎度/%	+
		生物资源	农业生物多样性指数/%	-
		水体质量	水功能区水质达标率/%	-
		土壤质量	土壤环境质量指数/%	-
		食物安全	有机农产品认证数量/个	-
		知识和文化保存	文化资源保存完好度/%	-
	响应 (R)	政策支持	各类保护经费投入额度/万元	-
		社区参与	吸纳就业人员数量/人	-
			生计多样化指数/种	-
			农民人均纯收入/万元	-

注：表中各指标根据其与农业文化遗产保护预警的正、负反馈作用关系，分为正反馈指标和负反馈指标两类。其中，正反馈指标数值的升高会增加或加剧农业文化遗产保护的安全风险，负反馈指标数值的升高会降低或减缓农业文化遗产保护的安全风险，二者分别用“+”“-”表示。

标)，即农业文化遗产保护预警评价子系统。

因素层：将压力、状态、响应三个子系统进一步细分为11个方面（二级指标），分别是人口压力、经济发展压力、环境压力、景观格局、生物资源、水体质量、土壤质量、食物安全、知识和文化保存、政策支持与社区参与。其中，人口压力、经济发展压力和环境压力隶属于压力子系统；景观格局、生物资源、水体质量、土壤质量、食物安全及知识和文化保存隶属于状态子系统；政策支持和社区参与隶属于响应子系统。

指标层：包含21个可具体度量的指标（三级指标）。其中，人口增长率、人口密度指标用以衡量人口压力；GDP增长率、城镇化率、耕地非农化指数、旅游开发强度指标用以衡量经济发展压力；自然灾害发生率、水土流失率、废水排放量、单位耕地化肥农药负荷指标用以衡量环境压力；景观多样性、景观破碎度、农业生物多样性指数、水功能区水质达标率、土壤环境质量指数、有机农产品认证数量、文化资源保存完好度，分别用以表征景观格局状态、生物资源保存状态、水质状态、土质状态、食物安全状态、知识和文化保存状态；各类保护经费投入额度用以测度农业文化遗产保护的政府响应；吸纳就业人员数量、生计多样化指数和农民人均纯收入用以测度农业文化遗产保护的社区居民响应。

2.4 评价指标含义解释与数据获取

农业文化遗产保护预警评价体系中，每个指标的含义、计算公式及数据来源如表2所示。

表2 农业文化遗产保护预警评价指标的含义及数据来源

Table 2 Meanings and data sources of early-warning evaluation indexes of agricultural heritage protection		
指标	指标含义/计算公式	数据来源
人口增长率/%	一定时期内（通常为一年）农业文化遗产地人口自然变动和迁移变动引起的人口增长比率	统计部门数据
人口密度/(人/km ²)	农业文化遗产地单位土地面积居住的人口数量	统计部门数据
GDP增长率/%	农业文化遗产地[(本期GDP-上期GDP)/上期GDP]×100%，按可比价格计算	财政部门统计数据
城镇化率/%	农业文化遗产地非农业人口占总人口的比例	统计部门数据
耕地非农化指数/% ^[57]	耕地非农化受自然环境、经济发展和社会活动等多种因素综合作用的影响，表现出不同阶段的时间差异性。该指标用以表征农业文化遗产地在一定时期内耕地非农化变化程度，计算公式为： $S_i = \frac{F_i^b - F_i^a}{F_i^a}$ [式中： S_i 为耕地非农化速度； F_i^b 为 <i>b</i> 年份耕地面积（hm ² ）； F_i^a 为 <i>a</i> 年份耕地面积（hm ² ）]	农业部门统计数据
旅游开发强度/%	农业文化遗产地年均游客数量或旅游用地面积占土地总面积的比例	旅游、土地部门统计数据
自然灾害发生率/%	农业文化遗产地一定时期内天气、水文、地质、气候等灾害的发生频率	气象、地质、水文等部门统计数据
水土流失率/%	农业文化遗产地水土流失面积占土地总面积的比例	土地、环保部门统计数据
废水排放量/万 t	农业文化遗产地一定时期内（通常为一年）各类废水（包括农业用水、工业用水、服务业用水等）排放数量	环保部门统计数据
单位耕地化肥农药负荷/(kg/hm ²)	农业文化遗产地化肥农药施用量占耕地面积的比例	农业、环保部门统计数据
景观多样性指数/% ^[58]	反映景观复杂程度的指标。景观多样性越强，表示农业文化遗产保护状况越好。计算公式为： $H = - \sum_{k=1}^n P_k \ln(P_k)$ [式中： P_k 为斑块类型 <i>k</i> 在景观中出现的概率，通常以该类型占有的像元数占景观像元总数的比例来估算； <i>n</i> 为景观中斑块类型总数（个）]	遥感解译数据
景观破碎度/% ^[14,59]	作为反映景观性质改变的关键性指标，它以平均斑块面积表征，即农业文化遗产地某种景观类型斑块面积与该种景观类型斑块数量的比值。计算公式为： $MPS = S_i/N_i$ [式中： S_i 为第 <i>i</i> 种景观类型斑块总面积（hm ² ）； N_i 为第 <i>i</i> 种景观类型斑块数目（hm ² ）]	遥感解译数据
农业生物多样性指数/% ^[60,61]	农业文化遗产地生物种群类型数量与其个体数量的比值 ^①	农业、林业、水利等部门统计数据
水功能区水质达标率/%	水功能区是为满足水资源合理开发和有效保护需求，在相应水域按其主导功能划定并执行相应质量标准的特定区域。农业文化遗产地水功能区水质达标率是指该遗产地水质达标的水功能区占其全部水功能区的比例	水利部门统计数据

① 农业生物多样性包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性三个层次，基于评价主导性和可操作性原则，这里仅侧重对农业物种多样性进行评价。

续表2

指标	指标含义/计算公式	数据来源
土壤环境质量指数/% ^[62]	用以评价农业文化遗产地土壤受污染程度，是表征该遗产地土壤环境质量状况的指标。计算公式为： $P=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n\frac{C_i}{S_i}$ [式中：P为土壤综合污染指数；C _i 为土壤中污染物 <i>i</i> 的实测浓度；S _i 为污染物 <i>i</i> 的评价标准；n为土壤中污染物种数（种）]	环保部门监测、统计数据
有机农产品认证数量/个 ^[63-66]	经获得中国国家认证认可监督管理委员会（CNCA）批准并公布的认证机构认证的有机产品数量，包括植物、畜禽、水产、加工等类型	农业部门统计数据
文化资源保存完好度/% ^[67,68]	农业文化遗产地各种农业文化资源（不仅包括珍贵农业物种、传统农业器具等物质文化资源，也包括传统农业生产知识和技术体系、农耕文化等非物质文化资源）总体保存完好程度	专家问卷调查数据
各类保护经费投入额度/万元	农业文化遗产地投入保护农业文化遗产的各类资金数量	财政部门统计数据
吸纳就业人员数量/人	农业文化遗产地直接和间接从事农业文化遗产保护利用相关工作的人员数量	主管部门调查数据
生计多样化指数/种 ^[69-71]	生计多样化是农户生计策略中的重要内容，其指数高低直接影响农户生计的稳定性。生计多样化指数越高，农户的生计越稳定，规避风险的能力就越强。这里采用每个家庭从事生计活动的种类作为生计多样化指数，即对农户从事的每种生计活动赋值为1，如某农户从事两种生计活动类型，则其多样化指数值为2，依此类推。最后将农业文化遗产地不同农户的生计多样化指数取平均值，则得出该遗产地农户的生计多样化指数	居民问卷调查数据
农民人均纯收入/万元	用以反映农民家庭实际收入水平的综合性指标。计算公式为：(农村居民家庭总收入-家庭经营费用支出-生产性固定资产折旧-税金和上交承包费用-调查补贴)/农村居民家庭常住人口	财政部门统计数据

3 农业文化遗产保护预警评价方法

3.1 评价方法选择

农业文化遗产保护预警评价指标体系确定后，需要采用合适的方法进行评价。目前，关于农业文化遗产保护预警的研究较少，尚无直接可用的方法对农业文化遗产保护预警状况进行评价，但可借助资源、生态环境安全与风险研究领域的方法，如综合指数法、模糊综合评判法、系统动力学方法、BP神经网络法、物元分析法等。总体来看，模糊综合评判法是一种相对容易实现的方法^[72]。这是因为，（1）农业文化遗产保护具有动态发展性的特点，其目标、状态、过程集于一体，预警指标好坏与否没有严格的数学界限而是具有一定模糊性，也就是说，农业文化遗产保护状况是否达到了预警级别无法进行明确衡量，非常适合采用模糊综合评判方法；（2）作为一种定性与定量相结合、综合化程度较高的评价方法，模糊综合评判法基于模糊隶属度理论把定性指标合理地定量化，有效解决了现有评价方法中存在的评价指标单一、评价过程不合理问题，具有结果清晰、系统性强的特点；（3）利用模糊综合评判法不需要通过大量的标准值进行参照对比，给评价工作带来很多便利。

3.2 评价的技术路线

基于模糊综合评判法的农业文化遗产保护预警评价实施步骤如下：

（1）确定评价要素论域和预警评语等级论域

由表1，设农业文化遗产保护预警评价的要素集为 $U=\{U_1, U_2, U_3\}$ ，各单要素子集为 $u_j(j=1, 2, 3; j=1, 2, 3, \cdots, 21)$ ，则 U 为农业文化遗产保护预警评价的要素论域。

设农业文化遗产保护预警评价的预警评语等级为4级,即危险状态、较差状态、一般状态、良好状态,则其预警评语等级论域为 $V=\{v_1, v_2, \dots, v_n\}=\{\text{危险状态}, \text{较差状态}, \text{一般状态}, \text{良好状态}\}$ 。

(2) 确定指标权重

指标权重确定是农业文化遗产保护预警评价的关键。常见的方法有两种^[73]: ① 熵值法。作为一种客观赋权方法,其直接运用各指标的信息量大小来计算权重,优点是可有效避免评价的主观性和各种不确定性,不足之处在于基本未考虑各个指标因素间的关系及各指标的重要性程度; ② 层次分析法。该方法最早由美国运筹学家萨蒂于20世纪70年代提出,其核心是依靠专家对不同指标的重要性程度进行比较判断,进而得出各指标权重,是主流的主观赋权法之一。其优点是所需量化数据较少,对各指标内在联系的把握更加精准和清晰,不足之处在于会受到评价专家的主观影响,有一定的不确定性。为克服上述两种方法的弊端,在农业文化遗产保护预警评价中,可根据实际情况采用综合法确定指标的权重,即将基于客观赋权的熵值法和基于主观赋权的层次分析法得出的权重进行加权平均处理,形成最后的综合权重。

(3) 构建模糊关系矩阵

通过熟悉农业文化遗产保护情况的专家打分,根据 $r_{ij}=d_{ij}/d$ ($i=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, m$) [式中: d 为参与评价的专家人数(人); d_{ij} 为对第 i 指标 x_i 作出第 j 种评价结果 y_j 的专家人数(人)]得出各评价指标的隶属度 r_{ij} ,由此构建相应的模糊关系矩阵(评价决策矩阵), R_1, R_2 和 R_3 可同理求得。

$$R_1=(r_{ij})_{4 \times 10} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1,10} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2,10} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{41} & r_{42} & \cdots & r_{4,10} \end{bmatrix} \quad (1)$$

(4) 确定警度区间和划分预警级别类型

警度区间确定是农业文化遗产保护预警评价的重要环节。目前在资源、生态环境领域,有关安全预警级别划分的方法已有不少,如历史数据法、德尔菲法、文献参考法、标杆基准法、自然断点法、突变论方法、功效系数法等^[33],其中不乏一些定量或半定量方法。然而,由于农业文化遗产具有不同的类型,每一种类型的属性和所处地域环境各有不同,其预警级别划分很难给出具体的数值区间,因此应根据每种农业文化遗产的实际情况,通过专家咨询等方法加以确定,但大致的预警分级可按表3进行。其中,预警线向量可表示为 $V'=(a \ b \ c \ 1.00)^{\text{②}}$ 。

(5) 模糊综合评判

由权重及模糊关系矩阵 R_1, R_2 和 R_3 ,根据合成运算法则进行矩阵计算,得到农业文化遗产保护预警三个子集的综合评判结果,分别为:

$$B_1=A_1 \times R_1=(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \quad (2)$$

$$B_2=A_2 \times R_2=(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4) \quad (3)$$

$$B_3=A_3 \times R_3=(\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4) \quad (4)$$

A_1, A_2, A_3 分别表示农业文化遗产保护预警评价指标体系中压力、状态、响应三个

② 括号内的 a, b, c 均代表数值,且都保留两位小数。

表3 农业文化遗产保护预警分级及其表征

Table 3 Classification and characterization of early-warning for agricultural heritage protection

数值区间	农业文化遗产 保护状态	预警级别	预警颜色	表征
[0, a)	危险状态	重警	红色	农业文化遗产地自然或文化景观结构遭到巨大破坏、功能丧失，生态环境严重受损，生物多样性或文化多样性濒临消失，人地关系严重失调，传统农业系统难以恢复和重建，居民生计受到严重影响，威胁区域可持续发展
[a, b)	较差状态	中警	橙色	农业文化遗产地自然或文化景观结构遭到较大破坏、功能严重退化，生态环境受损较大，生物多样性或文化多样性快速降低，人地关系失调，传统农业系统恢复与重建有较大困难，居民生计受到较大影响，阻碍区域可持续发展
[b, c)	一般状态	轻警	黄色	农业文化遗产地自然或文化景观结构遭到一定破坏、功能有所退化，生态环境质量总体保持在正常水平，保持较好的生物多样性和文化多样性，人地关系基本协调，传统农业系统得以维护，居民生计基本未受影响，区域可持续发展能力尚可
[c, 1]	良好状态	无警	蓝色	农业文化遗产地自然或文化景观结构、功能良好或突出，生态环境质量较高或优良，具有丰富的生物多样性和文化多样性，人地关系协调，传统农业系统得到良好或很好保持与维护，居民生计得到较大或很大改善，区域可持续发展能力较强或突出

子系统三级指标的权重向量。

基于单要素模糊综合评判结果，可得 U 中各子集的综合评价决策矩阵 R ：

$$R = \begin{vmatrix} \theta_1 & \theta_2 & \theta_3 & \theta_4 \\ \varepsilon_1 & \varepsilon_2 & \varepsilon_3 & \varepsilon_4 \\ \tau_1 & \tau_2 & \tau_3 & \tau_4 \end{vmatrix} \tag{5}$$

最后，将一级指标权重向量 A 和综合评价决策矩阵 R 进行模糊变换的合成运算 ($A \times R$)，可得农业文化遗产保护预警评价结果 B 。将 B 进行归一化处理，然后根据 $S = B^* \times V^T$ (B^* 为 B 归一化后的结果， V^T 为预警线向量的转置向量)，计算得到农业文化遗产保护预警综合评价量值，以此作为确定农业文化遗产保护预警级别的依据。

4 结论与讨论

4.1 结论

基于前述分析，本文有如下四点结论：

(1) 鉴于学术界尚未对农业文化遗产保护预警进行明确界定，本文基于农业文化遗产作为一种自然—经济—社会文化复合系统的角度，定义了农业文化遗产保护预警的概念，认为农业文化遗产保护预警是指人们为保护农业文化遗产而通过某种手段和方法对它所面临的潜在风险程度做出的一种预测和警示。对农业文化遗产保护状况进行预警评价，其实质是评估自然与人类活动在多大程度上影响了农业文化遗产的结构和功能，是否造成了农业生物多样性、文化多样性的降低以及地方传统知识和技术的消亡，是否危及到居民生计安全和区域的可持续发展。其与农业文化遗产监测的主要区别在于：前者注重从整体视角对农业文化遗产这一复杂关联有机系统的变化速度、后果、趋势等开展预见性研究，其重点关注的是农业文化遗产在不同时段的动态变化及未来发展；后者侧重从要素视角对农业文化遗产利用或变化过程中所产生的各种信息、数据等进行观测和收集，是对农业文化遗产所处环境、时点状况的一种状态衡量，其关注的重点是农业文

化遗产的当前情景。其与农业文化遗产监测的联系在于：预警是农业文化遗产保护监测结果的分析和判定，是监测工作的有效拓展；监测为农业文化遗产保护预警提供科学依据，为精准预警和快速做出响应奠定可靠基础。

(2) 当前，针对农业文化遗产保护预警研究尚处于初步探索阶段，本文在借鉴已有世界文化遗产保护预警评价研究成果基础上，注重突出农业文化遗产自身特点，运用德尔菲法针对性构建了农业文化遗产保护预警评价指标体系，共由3个一级指标、11个二级指标和21个三级指标组成。该指标体系具有以下两个显著特征：① 引入资源与生态环境安全评估领域中应用最广泛的PSR模型作为构建农业文化遗产保护预警评价指标体系的框架，不仅考虑到农业文化遗产作为一个系统的整体状况（状态）以及自然、人类对系统的破坏程度（压力），而且考虑到人类为维护系统所采取的行动（响应），能够对系统的动态变化做出更加科学的评价；② 指标体系构建充分结合农业文化遗产的属性和特点，即农业文化遗产不仅是一个自然系统，而且是一个经济社会文化系统，不仅要关注其景观生态等自然功能，还要关注其经济、文化和社会功能，如景观破碎度、生物多样性指数、文化资源保存完好度、生计多样化指数等指标的设计，均基于上述这种考虑；同时，为便于操作应用，本文并不试图穷尽所有可能的指标，而是突出关键性指标、重要性指标，且尽可能筛选易于量化的指标，以降低因主观评判给结果带来的误差。

(3) 现代预警科学经历了数百年发展历程，随着应用范围的不断拓展，出现的方法也越来越多，但尚无直接针对农业文化遗产保护预警状况进行评价的方法。由于农业文化遗产保护动态发展性特点，对每个预警指标的评判很难有一个严格的数学界限，而是具有一定的模糊性。因此，本文认为，对于农业文化遗产保护预警评价，非常适合采用模糊综合评判法。而且，从总体上看，该方法也是一种相对容易操作和实现的方法。有鉴于此，本文结合农业文化遗产保护的现实情况，给出了运用模糊综合评判方法进行农业文化遗产保护预警评价的技术路线，提出运用综合法确定指标权重的思路，在此基础上，借鉴预警理论中有关警度划分、警情辨识和预报等方法，将农业文化遗产保护预警评价的警度区间由高到低划分为重警、中警、轻警、无警四个等级，并综合运用大气污染预警分级和交通信号警示灯设计原理，分别以红色、橙色、黄色、蓝色表示，以直观反映农业文化遗产保护预警状况，从而为农业文化遗产保护预警评价工作的有效开展提供可能路径。

(4) 农业文化遗产保护预警是一项理论性和实践性均较强的工作。现实中，农业文化遗产保护预警工作涉及的主体、因素众多，预警对象、预警流程复杂，应急响应要求较高。为深入推进农业文化遗产保护预警理论研究和实践工作的开展，在前述研究基础上归纳出农业文化遗产保护预警体系构建的基本逻辑和流程（图2），包括警情评估、警情报告、管理决策、应急预案等四个主要模块，并形成相应的子系统。农业文化遗产地正是通过上述子系统的有序运作而形成对农业文化遗产保护状况的及时、准确预警。

4.2 讨论

由于农业文化遗产类型的多样性、复杂性和所处地域环境、承载对象的差异性，加之农业文化遗产保护预警研究尚处在一个探索尝试和经验积累阶段，因此，本文仍存在需要进一步完善的地方：（1）在评价指标选取上，虽尽可能周全考虑，但仍难免遗漏或忽略部分重要指标；（2）本文主要从“系统”的角度（即狭义的农业文化遗产）构建指标体系，未能兼顾所有的农业文化遗产类型（即广义的农业文化遗产）^[34]；（3）农业文化遗产保护预警评价方法日新月异，更新更好的方法有待进一步探索和挖掘；（4）本文

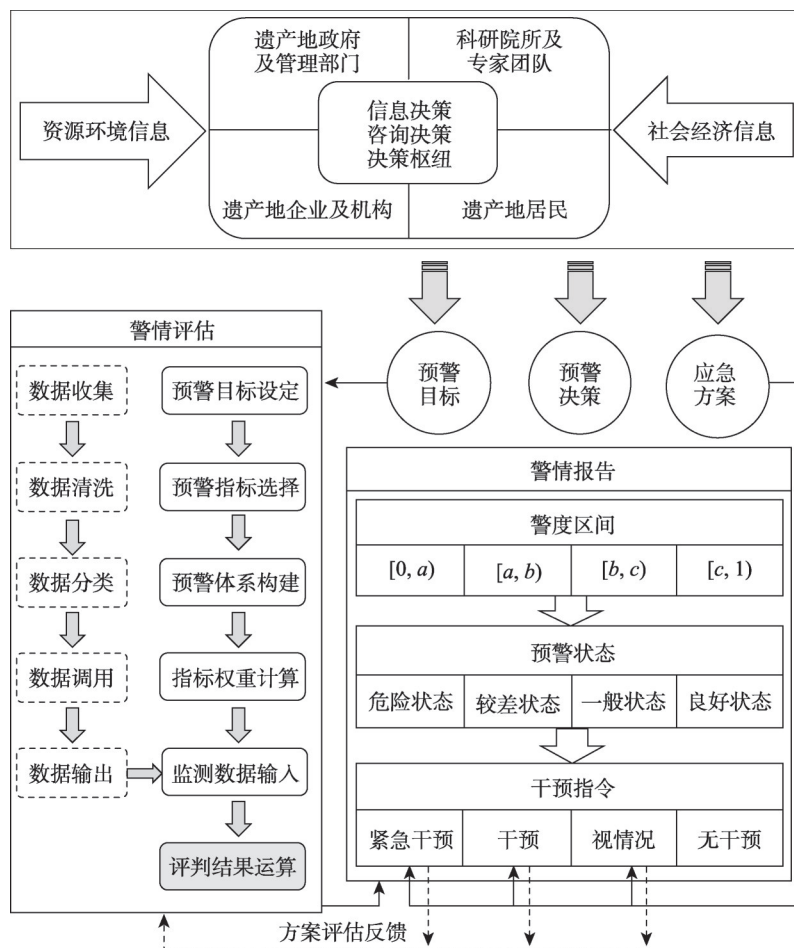


图2 农业文化遗产保护预警体系构建的逻辑和主要流程^[31]（有改动）

Fig. 2 The logic and processes of early-warning system construction of agricultural heritage protection

仅是从理论研究层面提出一种农业文化遗产保护预警评价的框架和思路，有待通过后续的多案例实证研究加以检验。

参考文献(References):

- [1] 闵庆文. 全球重要农业文化遗产: 一种新的世界遗产类型. 资源科学, 2006, 28(4): 206-208. [MIN Q W. GIAHS: A new kind of world heritage. Resources Science, 2006, 28(4): 206-208.]
- [2] KOOHAFKAN P, CRUZ M J D. Conservation and adaptive management of Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS). Journal of Resources and Ecology, 2011, 2(1): 22-28.
- [3] MIN Q W, HE L, ZHANG D. Agricultural heritage research in China: Progresses and perspectives. Journal of Resources and Ecology, 2011, 2(1): 15-21.
- [4] MIN Q W, ZHANG B T. Research progress in the conservation and development of China-Nationally Important Agricultural Heritage Systems (China-NIAHS). Sustainability, 2020, 12(1): 126-140.
- [5] JIAO W J, MIN Q W. Reviewing the progress in the identification, conservation and management of China-Nationally Important Agricultural Heritage Systems (China-NIAHS). Sustainability, 2017, 9(10): 1698-1711.
- [6] 崔峰, 尚久杨. 中国农业文化遗产研究的文献计量与知识图谱分析: 基于中国知网(CNKI)和Web of Science数据库. 中国生态农业学报(中英文), 2020, 28(9): 1294-1304. [CUI F, SHANG J Y. Bibliometrics and knowledge-mapping analysis of progress in agricultural heritage research in China: Based on the China Knowledge Network and Web of Sci-

- ence databases. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2020, 28(9): 1294-1304.]
- [7] 王欣, 闵庆文, 吴殿廷, 等. 基于全球重要农业文化遗产的旅游开发研究: 以青田稻鱼共生农业系统为例. *地域研究与开发*, 2006, 25(5): 63-67. [WANG X, MIN Q W, WU D T, et al. Tourism development research on Globally-important Ingenious Agricultural Heritage Systems (GIAHS): A case study on traditional Rice-Fish Agriculture of Qingtian. *Areal Research and Development*, 2006, 25(5): 63-67.]
- [8] 李明, 王思明. 农业文化遗产保护面临的困境与对策. *中国农业大学学报: 社会科学版*, 2012, 29(3): 25-33. [LI M, WANG S M. Difficulties and countermeasures of agro-cultural heritage protection. *Journal of China Agricultural University: Social Sciences*, 2012, 29(3): 25-33.]
- [9] 唐晓云, 闵庆文, 何露. 农业文化遗产地的旅游社会文化影响测量及调控研究: 以广西桂林龙脊平安寨为例. *中国生态农业学报*, 2012, 20(6): 710-716. [TANG X Y, MIN Q W, HE L. Measurement and regulation of socio-cultural impact of tourism in agro-cultural heritage site: A case study of Longji Ping'anzhai terrace in Guilin, Guangxi. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2012, 20(6): 710-716.]
- [10] 白艳莹, 伦飞, 曹智, 等. 哈尼梯田传统农业发展现状及其存在的问题: 以红河县甲寅乡作夫村和咪田村为例. *中国生态农业学报*, 2012, 20(6): 698-702. [BAI Y Y, LUN F, CAO Z, et al. Agricultural production in Hani Rice Terraces System and related threats: A case study of Zuofu and Mitian villages in Honghe county, China. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2012, 20(6): 698-702.]
- [11] ZHANG C Q, LIU M C. Challenges and countermeasures for the sustainable development of Nationally Important Agricultural Heritage Systems in China. *Journal of Resources and Ecology*, 2014, 5(4): 390-394.
- [12] 苑利, 顾军. 农业文化遗产保护实践中容易出现的问题. *中国农业大学学报: 社会科学版*, 2016, 33(2): 111-118. [YUAN L, GU J. Several common problems involved in agricultural heritage conservation practice. *Journal of China Agricultural University: Social Sciences*, 2016, 33(2): 111-118.]
- [13] JIAO W J, FULLER A M, XU S Y, et al. Socio-ecological adaptation of agricultural heritage systems in modern China: Three cases in Qingtian county, Zhejiang province. *Sustainability*, 2016, 8(12): 1260-1275.
- [14] 胡伟芳, 张永勋, 王维奇, 等. 联合梯田农业文化遗产地景观特征与景观资源利用. *中国生态农业学报(中英文)*, 2017, 25(12): 1752-1760. [HU W F, ZHANG Y X, WANG W Q, et al. Landscape characteristics and utilization in agro-cultural heritage systems in Lianhe terrace. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2017, 25(12): 1752-1760.]
- [15] 张灿强, 龙文军. 农耕文化遗产的保护困境与传承路径. *中国农史*, 2020, (4): 115-122. [ZHANG C Q, LONG W J. The protection dilemma and inheritance path of agricultural heritage. *Agricultural History of China*, 2020, (4): 115-122.]
- [16] 张青萍, 董芊里, 傅力. 江南园林假山遗产预防性保护研究. *建筑遗产*, 2021, (4): 53-61. [ZHANG Q P, DONG Q L, FU L. Preventive conservation research of heritage rockeries in Jiangnan private gardens. *Heritage Architecture*, 2021, (4): 53-61.]
- [17] 何韶颖, 杨钰琪, 汤众, 等. 传统村落预防性保护研究: 以潮州市狮峰村为例. *城市发展研究*, 2021, 28(11): 16-21. [HE S Y, YANG Y Q, TANG Z, et al. Study on planned preventive conservation of tourism traditional villages: Taking Shifeng village of Chaozhou city as an example. *Urban Development Studies*, 2021, 28(11): 16-21.]
- [18] 冯伟, 张乾, 田飞鹏, 等. 面向预防性保护的文物本体智能原位监测系统. *中国科学: 信息科学*, 2021, 51(12): 2102-2118. [FENG W, ZHANG Q, TIAN F P, et al. An intelligent in-situ visual inspection system for preventive conservation of cultural heritages. *Scientia Sinica: Informationis*, 2021, 51(12): 2102-2118.]
- [19] 钟镇涛, 张鸿辉, 洪良, 等. 生态文明视角下的国土空间底线管控: “双评价”与国土空间规划监测评估预警. *自然资源学报*, 2020, 35(10): 2415-2427. [ZHONG Z T, ZHANG H H, HONG L, et al. Territorial space baseline control from the perspective of ecological civilization: "Double evaluation" and monitoring-evaluation-warning. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(10): 2415-2427.]
- [20] 杨波, 何露, 闵庆文. 基于国际经验的农业文化遗产监测和评估框架设计. *中国生态农业学报(中英文)*, 2014, 31(3): 127-132. [YANG B, HE L, MIN Q W. Monitoring and evaluation of agricultural heritage and its framework design based on international experiences. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2014, 31(3): 127-132.]
- [21] 闵庆文, 赵贵根, 焦雯珺. 世界遗产监测评估进展及对农业文化遗产管理的启示. *世界农业*, 2015, (11): 97-100. [MIN Q W, ZHAO G G, JIAO W J. Progress of world heritage monitoring and evaluation and enlightments on China's agriculture heritage systems management. *World Agriculture*, 2015, (11): 97-100.]
- [22] 刘海涛, 徐明. 中日韩全球重要农业文化遗产管理体系比较及对中国的启示. *世界农业*, 2019, (5): 73-79, 90. [LIU H T, XU M. Comparison of management systems of Global Important Agricultural Heritage between China, Japan and

- South Korea and its enlightenment to China. *World Agriculture*, 2019, (5): 73-79, 90.]
- [23] 焦雯珺, 闵庆文. 农业文化遗产监测中的关键问题分析. *自然与文化遗产研究*, 2019, 4(11): 57-60. [JIAO W J, MIN Q W. Analysis on the key issues in the monitoring of agricultural heritage systems. *Study on Natural and Cultural Heritage*, 2019, 4(11): 57-60.]
- [24] 焦雯珺, 赵贵根, 闵庆文, 等. 基于世界遗产监测经验的全球重要农业文化遗产监测体系构建. *中国生态农业学报(中英文)*, 2020, 28(9): 1350-1360. [JIAO W J, ZHAO G G, MIN Q W, et al. Building a monitoring system for Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) based on the monitoring experience of World Heritage. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2020, 28(9): 1350-1360.]
- [25] JIAO W J, WANG B J, SUN Y H, et al. Design and application of the annual report of Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) monitoring. *Journal of Resources and Ecology*, 2021, 12(4): 498-512.
- [26] MAURO A, FRANCESCA E, FEDERICA C, et al. Monitoring traditional rural landscapes: The case of Italy. *Sustainability*, 2019, 11(21): 6107-6125.
- [27] SHERYL RC R, AYA M, EVONNE Y, et al. Enhancing sustainability in traditional agriculture: Indicators for monitoring the conservation of Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) in Japan. *Sustainability*, 2020, 12(14): 5656-5683.
- [28] 张永勋, 何璐璐, 闵庆文. 基于文献统计的国内农业文化遗产研究进展. *资源科学*, 2017, 39(2): 175-187. [ZHANG Y X, HE L L, MIN Q W. Research progress of agricultural heritage in China based on literature statistics. *Resources Science*, 2017, 39(2): 175-187.]
- [29] 闵庆文. 重要农业文化遗产及其保护研究的优先领域、问题与对策. *中国生态农业学报(中英文)*, 2020, 28(9): 1285-1293. [MIN Q W. Research priorities, problems and countermeasures of Important Agricultural Heritage Systems and their conservation. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2020, 28(9): 1285-1293.]
- [30] 李林, 廖晋平, 张烜工. 科技安全预警机制的建立及完善. *科技导报*, 2019, 37(19): 26-32. [LI L, LIAO J P, ZHANG X G. Establishment and improvement of early warning mechanism of science and technology security. *Science & Technology Review*, 2019, 37(19): 26-32.]
- [31] 蔡劲松, 马琪, 谭爽. 科技安全风险评估及监测预警系统构建研究. *科技进步与对策*, 2022-01-19: 1-8, Doi: 10.6049/kjbydc.2021060403. [CAI J S, MA Q, TAN S. Research on risk assessment and early warning system of science and technology security. *Science & Technology Progress and Policy*, 2022-01-19: 1-8, Doi: 10.6049/kjbydc.2021060403.]
- [32] 陈秋玲, 薛玉春, 肖璐. 金融风险预警: 评价指标、预警机制与实证研究. *上海大学学报: 社会科学版*, 2009, 16(5): 127-144. [CHEN Q L, XUE Y C, XIAO L. Early-warning of financial risk: Indicator mechanism and empirical research. *Journal of Shanghai University: Social Sciences*, 2009, 16(5): 127-144.]
- [33] 陈秋华, 修新田. 森林旅游景区环境承载力预警机制研究. 北京: 中国林业出版社, 2019: 46. [CHEN Q H, XIU X T. Research on the Construction of Early-warning Mechanism of Environmental Carrying Capacity of Forest Tourism Scenic Spots. Beijing: China Forestry Publishing House, 2019: 46.]
- [34] 闵庆文, 孙业红. 农业文化遗产的概念、特点与保护要求. *资源科学*, 2009, 31(6): 914-918. [MIN Q W, SUN Y H. The concept, characteristics and conservation requirements of agro-cultural heritage. *Resources Science*, 2009, 31(6): 914-918.]
- [35] 孙业红, 闵庆文, 成升魁, 等. 农业文化遗产的旅游资源特征研究. *旅游学刊*, 2010, 25(10): 57-62. [SUN Y H, MIN Q W, CHENG S K, et al. Study on the tourism resource characteristics of agricultural heritage. *Tourism Tribune*, 2010, 25(10): 57-62.]
- [36] 王国萍, 闵庆文, 丁陆彬, 等. 基于PSR模型的国家公园综合灾害风险评估指标体系构建. *生态学报*, 2019, 39(22): 8232-8244. [WANG G P, MIN Q W, DING L B, et al. Comprehensive disaster risk assessment index system for National Parks based on the PSR model. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(22): 8232-8244.]
- [37] HUANG H F, KUO J, LO S L. Review of PSR framework and development of a DPSIR model to assess greenhouse effect in Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2011, 177(1-4): 623-635, Doi: 10.1007/s10661-010-1661-7.
- [38] 张国兴, 王涵. 基于PSR模型的黄河流域中心城市水生态文明建设评价. *生态经济*, 2022, 38(2): 211-216, 222. [ZHANG G X, WANG H. Evaluation of water ecological civilization construction in central cities of the Yellow River Basin based on PSR model. *Ecological Economy*, 2022, 38(2): 211-216, 222.]
- [39] 李明, 王思明. 农业文化遗产: 保护什么与怎样保护. *中国农史*, 2012, (2): 119-129. [LI M, WANG S M. Agro-cultural heritage: What is protected and how to protect. *Agricultural History of China*, 2012, (2): 119-129.]

- [40] 孙庆忠, 关瑶. 中国农业文化遗产保护: 实践路径与研究进展. 中国农业大学学报: 社会科学版, 2012, 29(3): 34-43. [SUN Q Z, GUAN Y. Agro-cultural heritage research and conservation practices in China: Progresses and perspectives. *Journal of China Agricultural University: Social Sciences*, 2012, 29(3): 34-43.]
- [41] 闵庆文, 张永勋. 农业文化遗产与农业类文化景观遗产比较研究. 中国农业大学学报: 社会科学版, 2016, 33(2): 119-126. [MIN Q W, ZHANG Y X. Comparison between agricultural heritage systems and agricultural landscape. *Journal of China Agricultural University: Social Sciences*, 2016, 33(2): 119-126.]
- [42] RIA J C D, MARIA V O E, CARMELITA M R, et al. Vulnerability assessment of climate change impacts on a Globally Important Agricultural Heritage System (GIAHS) in the Philippines: The case of Batad Rice Terraces, Banaue, Ifugao, Philippines. *Climatic Change*, 2019, 153(3): 395-421.
- [43] 王思明. 农业文化遗产概念的演变及其学科体系的构建. 中国农史, 2019, (6): 113-121. [WANG S M. On the concept and system of agricultural heritage. *Agricultural History of China*, 2019, (6): 113-121.]
- [44] MARTA A G, JOSE L Y, VICTOR L D N, et al. Characterization of Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) in Europe. *Sustainability*, 2020, 12(4): 1611-1634.
- [45] 苑利, 顾军. 农业文化遗产遴选标准初探. 中国农业大学学报: 社会科学版, 2012, 29(3): 16-19. [YUAN L, GU J. Study on the selection criteria of agro-cultural heritage. *Journal of China Agricultural University: Social Sciences*, 2012, 29(3): 16-19.]
- [46] 李文华. 农业文化遗产的保护与发展. 农业环境科学学报, 2015, 34(1): 1-6. [LI W H. Agricultural heritage research and conservation practices: Progress and perspectives. *Journal of Agro-Environment Science*, 2015, 34(1): 1-6.]
- [47] 闵庆文. 全球重要农业文化遗产评选标准解读及其启示. 资源科学, 2010, 32(6): 1022-1025. [MIN Q W. Explanations and enlightenment of the GIAHS's criteria. *Resources Science*, 2010, 32(6): 1022-1025.]
- [48] 闵庆文, 孙业红, 成升魁, 等. 全球重要农业文化遗产的旅游资源特征与开发. 经济地理, 2007, 27(5): 856-859. [MIN Q W, SUN Y H, CHENG S K, et al. Primary study on the features and development of GIAHS's tourism resources. *Economic Geography*, 2007, 27(5): 856-859.]
- [49] 闵庆文. 哈尼梯田的农业文化遗产特征及其保护. 学术探索, 2009, (3): 12-14. [MIN Q W. Agricultural heritage characteristics and protection of Hani Terrace. *Academic Exploration*, 2009, (3): 12-14.]
- [50] TONY F, MIN Q W. Understanding agricultural heritage sites as complex adaptive systems: The challenge of complexity. *Journal of Resources and Ecology*, 2013, 4(3): 195-201.
- [51] 崔峰, 李明, 王思明. 农业文化遗产保护与区域经济社会发展关系研究: 以江苏兴化垛田为例. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(12): 156 - 164. [CUI F, LI M, WANG S M. Study on the relation between agro-cultural heritage protection and regional economic, social development: Taking Xinghua's Duotian in Jiangsu province as an example. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(12): 156-164.]
- [52] 张永勋, 闵庆文, 徐明, 等. 农业文化遗产地“三产”融合度评价: 以云南红河哈尼稻作梯田系统为例. 自然资源学报, 2019, 34(1): 116-127. [ZHANG Y X, MIN Q W, XU M, et al. The evaluation of industrial integration level of important agricultural heritage sites: A case study of Yunnan Honghe Hani rice terraces. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(1): 116-127.]
- [53] 赵晓燕, 张戈, 刘欣. 历史文化村镇保护预警及传承. 北京: 化学工业出版社, 2021: 72. [ZHAO X Y, ZHANG G, LIU X. Early Warning and Inheritance of Historical and Cultural Villages and Towns. Beijing: Chemical Industry Press, 2021: 72.]
- [54] LI H Y, HE S Y, DING L B, et al. Conceptual framework for key element identification in Important Agricultural Heritage Systems (IAHS): Case of Honghe Hani Rice Terraces System in China. *Journal of Resources and Ecology*, 2021, 12 (4): 522-531.
- [55] 马楠, 闵庆文, 焦雯珺, 等. 基于SEPLS模型的GIAHS恢复力评估框架及其在保护成效评估中的应用. 中国生态农业学报(中英文), 2020, 28(9): 1361-1369. [MA N, MIN Q W, JIAO W J, et al. A GIAHS resilience assessment framework based on SEPLS model and its application in the conservation effectiveness assessment. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2020, 28(9): 1361-1369.]
- [56] HE S Y, LI H Y, MIN Q W. Is GIAHS an effective instrument to promote agrosystem conservation? A rural community's perceptions. *Journal of Resources and Ecology*, 2020, 11(1): 77-86.
- [57] 刘少坤, 王嘉佳, 林树高, 等. 广西边境地区耕地非农化的空间特征与迁移路径. 中国农业资源与区划, 2022-01-07,

- <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20220107.1022.005.html>. [LIU S K, WANG J J, LIN S G, et al. The spatial features and migration path of cultivated land non-agriculturalization in the border areas of Guangxi Zhuang Autonomous Region. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2022-01-07, <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20220107.1022.005.html>.]
- [58] 何新, 姜广辉, 张瑞娟, 等. 基于PSR模型的土地生态系统健康时空变化分析: 以北京市平谷区为例. 自然资源学报, 2015, 30(12): 2057-2068. [HE X, JIANG G H, ZHANG R J, et al. Temporal and spatial variation of land ecosystem health based on the Pressure-State-Response Model: A case study of Pinggu district, Beijing. Journal of Natural Resources, 2015, 30(12): 2057-2068.]
- [59] 孙业红, 闵庆文, 刘某承. 农业文化遗产地旅游资源利用的多类型比较: 以技术型、景观型和遗址型遗产为例. 资源科学, 2013, 35(7): 1526-1534. [SUN Y H, MIN Q W, LIU M C. Tourism resources utilization of different types of agricultural heritage systems: Taking agricultural technology heritage, agriculture landscape heritage and agricultural relic site heritage as examples. Resources Science, 2013, 35(7): 1526-1534.]
- [60] 李明, 彭培好, 王玉宽, 等. 农业生物多样性研究进展. 中国农学通报, 2014, 30(9): 7-14. [LI M, PENG P H, WANG Y K, et al. Progress of agrobiodiversity research. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(9): 7-14.]
- [61] 张丹, 闵庆文, 何露, 等. 全球重要农业文化遗产地的农业生物多样性特征及其保护与利用. 中国生态农业学报(中英文), 2016, 24(4): 451-459. [ZHANG D, MIN Q W, HE L, et al. Agrobiodiversity features, conservation and utilization of China's Globally Important Agricultural Heritage Systems. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2016, 24(4): 451-459.]
- [62] 李艾芬, 钱士明, 李瑾. 浙江省嘉兴市南湖区土壤环境质量评价和无公害水稻生产. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2010, 36(1): 74-77. [LI A F, QIAN S M, LI J. Soil environmental quality and its assessment of rice production for non-environmental pollution in Nanhu district of Jiaxing in Zhejiang province. Journal of Zhejiang University: Agriculture & Life Sciences, 2010, 36(1): 74-77.]
- [63] 张永勋, 刘某承, 闵庆文, 等. 农业文化遗产地有机生产转换期农产品价格补偿测算: 以云南省红河县哈尼梯田稻作系统为例. 自然资源学报, 2015, 30(3): 374-383. [ZHANG Y X, LIU M C, MIN Q W, et al. Calculation of price compensation of agriculture products in the period of organic conversion in agricultural heritage sites: Taking paddy rice of Hani Terrace in Honghe county of Yunnan province as an example. Journal of Natural Resources, 2015, 30(3): 374-383.]
- [64] 庞世明, 孙业红, 魏云洁, 等. 农业文化遗产动态保护途径的经济学分析: 以云南省哈尼梯田为例. 世界农业, 2015, (11): 101-106, 255. [PANG S M, SUN Y H, WEI Y J, et al. The economic analysis on dynamic conservation approaches of agricultural heritage systems: Taking Hani Rice Terraces as case. World Agriculture, 2015, (11): 101-106, 255.]
- [65] 杨伦, 王国萍, 马楠, 等. 全球重要农业文化遗产的粮食与生计安全评估框架. 中国生态农业学报(中英文), 2020, 28(9): 1330-1338. [YANG L, WANG G P, MA N, et al. Assessment framework of food and livelihood security in Globally Important Agricultural Heritage Systems. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2020, 28(9): 1330-1338.]
- [66] YANG L, YANG J H, JIAO W J, et al. The evaluation of food and livelihood security in a Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) site. Journal of Resources and Ecology, 2021, 12(4): 480-488.
- [67] 乌丙安, 孙庆忠. 农业文化研究与农业文化遗产保护: 乌丙安教授访谈录. 中国农业大学学报: 社会科学版, 2012, 29(1): 28-44. [WU B A, SUN Q Z. Agri-culture research and agricultural heritage conservation: An interview with professor Wu Bin'an. Journal of China Agricultural University: Social Sciences, 2012, 29(1): 28-44.]
- [68] 马楠, 闵庆文, 袁正. 农业文化遗产中传统知识的概念与保护: 以普洱古茶园与茶文化系统为例. 中国生态农业学报(中英文), 2018, 26(5): 771-779. [MA N, MIN Q W, YUAN Z. Concept and protection of traditional knowledges in agricultural heritage system: A case study of Pu'er Traditional Tea Agrosystem. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2018, 26(5): 771-779.]
- [69] 张爱平. 农业文化遗产旅游地不同类型农户的农地利用行为演变分异: 以哈尼梯田为例. 旅游学刊, 2020, 35(4): 51-63. [ZHANG A P. Evolution disparities of agricultural land use behavior of different types of farmers in agricultural heritage tourism destinations: A case study of Hani Terraces. Tourism Tribune, 2020, 35(4): 51-63.]
- [70] 赵雪雁, 张丽, 江进德, 等. 生态补偿对农户生计的影响: 以甘南黄河水源补给区为例. 地理研究, 2013, 32(3): 531-542. [ZHAO X Y, ZHANG L, JIANG J D, et al. The impact of ecological compensation on the farmers' livelihood: A case study of Huanghe River Water Supply Areas of Gannan. Geographical Research, 2013, 32(3): 531-542.]
- [71] SU M M, SUN Y H, MIN Q W, et al. A community livelihood approach to agricultural heritage system conservation and

- tourism development: Xuanhua Grape Garden Urban Agricultural Heritage Site, Hebei province of China. *Sustainability*, 2018, 10(1): 361-374.
- [72] 曹新向. 旅游地生态安全预警评价指标体系与方法研究: 以开封市为例. *环境科学与技术管理*, 2006, 31(3): 39-43. [CAO X X. A study on ecological security alarm assessment of tourism destination: The case of Kaifeng city in Henan province. *Environmental Science and Management*, 2006, 31(3): 39-43.]
- [73] 王博杰, 何思源, 闵庆文, 等. 开发适宜性视角的农业文化遗产地旅游资源评价框架: 以浙江省庆元县为例. *中国生态农业学报(中英文)*, 2020, 28(9): 1382-1396. [WANG B J, HE S Y, MIN Q W, et al. Framework for evaluating the development suitability of tourism resources in agricultural heritage systems: A case study of Qingyuan county in Zhejiang province. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2020, 28(9): 1382-1396.]

Construction and method of early-warning evaluation system of agricultural heritage protection

CUI Feng, WANG Zhe-zheng

(College of Humanities & Social Development, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: As an important part of dynamic protection and adaptive management of agricultural heritage, the early-warning is of great significance to the maintenance of agricultural heritage values and the sustainable development of agricultural heritage sites. In view of the current situation that the theoretical research and practical work on the early-warning of agricultural heritage protection are lagging behind, on the basis of defining the concept of early-warning of agricultural heritage protection, and combined with the analysis of attributes and characteristics of agricultural heritage, the paper offers the basic principles of constructing the early-warning evaluation system of agricultural heritage protection. Based on the "Pressure-State-Response" model (PSR) and the Delphi method, we selected three first-grade indicators, 11 second-grade indicators and 21 third-grade indicators of the early-warning evaluation. Because of the fuzziness of early-warning evaluation of agricultural heritage protection, the study puts forward the technical route of early-warning evaluation by using fuzzy comprehensive evaluation method, and divides the early-warning level into four scales (no warning, light warning, medium warning, and severe warning) according to the determined warning degree range, and comprehensively uses the principles of air pollution warning classification and traffic signal warning lights to intuitively reflect the warning situation by blue color, yellow color, orange color and red color. The results show that the given index system and method of evaluation can effectively and quantitatively evaluate the early-warning status of agricultural heritage protection, and thus lay the theoretical and methodological foundations of establishing scientific early-warning system and mechanism for agricultural heritage protection.

Keywords: agricultural heritage; early-warning evaluation; index system; fuzzy comprehensive evaluation method; PSR model