

重庆市江津区乡村生产空间系统适应性评价 及障碍因素分析

王成^{1,2}, 龙卓奇^{1,2}, 樊荣荣^{1,2}

(1. 西南大学地理科学学院/乡村人居环境研究实验室, 重庆 400715;

2. 西南山地生态循环农业国家级培育基地, 重庆 400715)

摘要: 研究在解析乡村生产空间系统适应性内涵、构建其分析框架的基础上, 从易损性、稳定性、响应三个维度构建乡村生产空间系统适应性评价指标体系, 运用适应性评价模型评价重庆市江津区近 11 年乡村生产空间系统运行状态, 辅以障碍度模型诊断并测算其适应性障碍因子和适应性障碍度, 进而提出针对性策略以破解其所面临的现实困境, 结果表明: 2007—2017 年江津区乡村生产空间系统适应性总体呈波动上升且不断增强趋势, 系统可持续发展能力稳步提高; 系统适应性障碍度由稳定性、响应障碍向易损性障碍转变, 其关键障碍因子为化肥使用量、农膜使用量、乡村生产总耗能、城镇工矿用地面积、乡村环保投资额占比等; 以发展生态农业、有机农业, 强化环境保护为前提降低系统易损性, 拓展富硒特色农业增值空间和有效增加乡村资金、人才与技术投入提升稳定性与响应能力是增强乡村生产空间系统适应能力的关键。

关键词: 乡村生产空间系统; 适应性评价; 障碍分析; 重庆市江津区

DOI: 10.11821/dljy020190551

1 引言

随着城乡融合发展、乡村振兴战略的落实与深入, 中国城乡人口、技术、资金等要素双向流动加速^[1]。乡村生产空间系统既面临乡村经营主体多元化、生产功能多样化、乡村产业融合化等外部环境刺激, 又受到劳动力“断代”与人才缺失、土地非农化与非粮化、乡村环境污染等内部环境制约, 系统人地矛盾逐步加剧。乡村生产空间系统在这一变化下, 与内外环境之间物质、能量、信息相互交换关系将被改变, 系统原有稳定运行状态将瓦解, 并从有序稳定转向无序混沌。如何促使乡村生产空间系统从无序到有序、从低级稳定向高级平衡态发展, 形成人地和谐共生的乡村现代化生产新格局是维系乡村生产空间系统可持续运行, 实现乡村振兴促进乡村可持续发展的关键。适应性作为全球环境变化和区域可持续发展的核心研究之一^[2], 既是衡量系统与环境相互作用关系的重要工具, 又可测度区域可持续发展能力并指导区域未来发展的方向。因此, 科学评价乡村生产空间系统适应性不仅可破解当前乡村生产空间系统运行面临的窘境, 提高系统应对内外环境变化的能力, 更为实现乡村振兴产业振兴, 引领乡村经济朝向资源、环境友好发展提供指导。目前, 虽围绕乡村生产空间系统概念认知^[3], 对系统运行状态与机制^[4,5]、演进规律^[6]以及系统功能^[7]等方面进行了有效探索并取得了丰硕成果, 但就如何剖析和量

收稿日期: 2019-07-02; 修订日期: 2019-10-23

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFD1100804-03)

作者简介: 王成 (1975-), 男, 重庆荣昌人, 博士后, 教授, 博士生导师, 研究方向为土地利用与乡村发展、乡村人居环境。E-mail: wchorange@126.com

化系统与其内外环境相互作用关系的研究仍显不足。遵循“对其他科学发现的思考以及已认可理论的某种结合中得出”这一哲学思想,对当前适应性相关研究进行综述以获取其重要理论和研究范式。在国外,适应性研究主要针对全球气候变化下人类环境适应的概念认知、研究框架及研究尺度^[8-11]等进行探讨,为区域乃至全球可持续发展研究提供了丰富的理论借鉴和方法参考;在国内,适应性研究主要依附于人类社会经济系统对全球环境变化响应或政策调整的探究^[12],集中于气候变化下农业生产政策调整^[13]、农户生计^[14]以及城市形态^[15]等方面,同时,适应性在探索人地关系问题中得到学界普遍关注,已广泛运用到产业生态系统^[16]、人海经济系统^[17]和人地系统^[18]等领域,并通过VAR模型^[19]、PSR模型^[20]以及SES分析框架^[21]等数理建模方法对其进行适应性测度并做出相应适应性调整行为,上述研究成果均表明适应性既能反映系统面临内外环境扰动下自我调节和应对能力,又能很好辨识和测度各要素作用于系统所产生的效果以及系统可持续发展水平。因此,本研究在总结与借鉴现有系统适应性研究成果^[16-21]的基础上,解析乡村生产空间系统适应性内涵、构建其分析框架,并以重庆市江津区为研究区域,以2007—2017年为研究时段,从易损性、稳定性、响应三个维度构建评价指标体系,运用适应性评价模型评价重庆市江津区近11年乡村生产空间系统运行状态,辅以障碍度模型诊断并测算其适应性障碍因子和适应性障碍度,进而提出针对性策略以破解其所面临的现实困境,为实现乡村可持续发展提供理论参考。

2 研究区与数据来源

2.1 研究区概况

江津区(28°28'N~29°28'N, 105°49'E~106°36'E)位于重庆市西南部,东临綦江、巴南,西依永川、四川合江,南靠贵州习水,北连璧山、九龙坡、大渡口。全区幅员面积3200 km²,共辖5个街道25个镇;地势南高北低,地貌以丘陵(占78.2%)为主;属亚热带季风性湿润气候,常年平均气候18.4℃,年平均日照时数1141h,年平均降雨量1001.2 mm;自然资源丰富,富硒资源充足(90%以上土壤中硒含量达到了中硒以上水平)。2012年以来,江津区将富硒产业认定为发展区内农业产业的“第一品牌”和“第一抓手”,形成集粮油、蔬菜、禽畜、花椒、茶叶、水果、水产、中药八大富硒绿色产业,建成多个富硒特色产业示范场,拥有十几种富硒特色农业品牌,获评“中国富硒美食之乡”“中国生态硒城”的美称。截至2017年末,江津区常住人口149.7万,乡村人口78.1万,全区实现农林牧渔业总产值125.8亿元,其中富硒农业产值55亿元,农业商品率达77.34%,乡镇企业总产值244.68亿元,乡村旅游接待人数达985.6万、实现综合收入37.5亿元,农村常住居民人均可支配收入16695元,率先实现了乡村一二三产业融合发展,特色效益农业位于重庆市领先水平。但随着乡村一二三产业的深度融合推进,乡村振兴战略的进一步落实与深入,乡村生产空间系统面临青壮技术人才缺乏、资金以及土地等资源要素支撑疲软;配套基础设施受限、公共服务建设不成熟;农药化肥使用量、养殖污染排放密度持续增加等诸多现实窘境,为开展乡村生产空间系统适应评价提供了重要的现实平台,其研究结果对于西部地区践行乡村振兴战略,实现乡村可持续发展具有重要示范作用。

2.2 数据来源

数据源主要包括社会经济数据和环境数据,其中社会经济数据主要来源于重庆市统计局提供的《江津统计年鉴》(2008—2018年)《重庆市旅游业统计公报》(2008—2018

年)以及江津区人民政府提供的《江津统计公报》(2008—2018年);环境数据主要来源于《重庆市环境状况公报》(2008—2018年)《江津环境质量报告书》(2008—2018年)《江津森林资源公报》(2008—2018年)等江津区各类统计公报数据。其中:作物秸秆污染排放量=某作物产量×某作物秸秆产出系数×(1-秸秆利用率)×秸秆养分含量×入河系数,畜禽养殖污染排放量=养殖总量×畜禽粪便排放系数×粪便中污染物平均含量×污染物入河系数^[6]。

3 乡村生产空间系统适应性分析框架

适应性源自进化生物学,表示生物与其所在环境之间的相互作用关系。20世纪30年代英国地理学家P.M. Roxby首次提出“adjustment”一词表示“调整”或“适应”^[15],以此说明自然环境与人类活动之间的相互适应关系。20世纪40年代,美国地理学家Gilbert F. White则将“调整”和“适应”运用于洪水灾害研究中^[22],是适应性研究最初始的探讨。20世纪70年代后全球环境变化战略研究兴起,在探讨如何调整人类行为以响应全球变化所带来的影响过程中,“适应性(adaptability)”这一概念正式被提出并逐渐完善,得到了国内外学者的关注和认同,并将其与“脆弱性(Vulnerability)”“弹性(resilience)”一起视为全球环境变化人文要素计划(IHDP)可持续发展研究的三大核心概念^[2]。由于研究视角不同,适应性在各研究领域的基本内涵与认知不一:Adger等认为适应性是人类社会面对气候环境变化及其不利影响下,对生态、社会或经济系统进行的调整行为,而这一行为的成功与否通常取决于不同利益相关者态度的变化^[8];Smit等强调适应是一个行为过程和结果,包含了在国家、区域、群体以及社区、家庭等不同尺度下,系统面对环境变化、灾害风险或机遇时所进行调整、应对和管理的能力^[9];IPCC在多次研究报告中将适应性看作是人类为了应对自然环境和经济社会环境实际发生或未来发生的变化,通过调整系统降低脆弱性或增强弹性所做出的响应行为等^[2,12]。但总体而言,不论是强调响应行为或是系统持续运行的过程,适应性最终目的都是为了减少环境变化带来的损失,以实现人与自然的协调和可持续发展,而这一观点在人地关系研究中也越来越受到国内外学者的重视。

乡村生产空间系统作为人地关系地域系统的多种存在形式之一,是以“人”为核心的乡村多元主体作用于以“地”为核心的乡村生产空间客体之间相互作用所形成的关系集合体^[3],其具有开放性、非线性等特征^[4],而这一特征决定了乡村生产空间系统需要不断与外界环境进行物质、能量、信息的交换,以有效应对内外环境变化的干扰。因此,乡村生产空间系统适应性可以理解为在乡村地域范围内根据土地资源、资金、劳动力等内部各生产要素变化和系统所处自然、市场和政策等外部发展环境变化,对系统各类生产活动、方式或生产关系进行调整,以降低变化所导致系统的风险与不良影响,实现系统可持续发展的能力。为更好辨识和测度这一调整行为所产生效果和系统可持续发展能力,本文根据Smit适应性分析框架^[11]以及与之相关的脆弱性研究^[9,10],围绕“适应什么”“适应主体”“如何适应”三个问题,借鉴PRS理论^{[20]18-21},将乡村生产空间系统作为“黑箱”,直接测度内外环境变化时系统所面临的压力、呈现的状态与响应能力,并从易损性、稳定性和响应三个维度构建了乡村生产空间系统适应性分析框架,见图1。易损性也称脆弱性,是乡村生产空间系统在经历农业、乡村工业以及乡村服务业生产活动和城镇化、工业化等外部环境变化作用下所遭受损失的风险和程度;稳定性是乡村生产空间

系统在面对内外环境变化时能够保持自身原有生产状态或促使系统更新、重组并提升原有生产状态的能力；响应是指乡村生产空间系统通过改善乡村生产环境、提高生产技术以及采取相关政策等措施促使系统提高应对不利因素的能力和效果。

4 江津区乡村生产空间系统适应性评价

4.1 乡村生产空间系统适应性指标体系构建

实施乡村振兴战略以来，乡村进入快速发展的关键时期，农业农村优先发展、供给侧结构性改革和农业农村现代化综合发展的三大趋势促使乡村生产空间系统面临的环境愈趋复杂^[23]。结合乡村生产空间系统适应性内涵与分析框架，根据重庆市江津区乡村特色农业、加工业与休闲旅游业互为融合发展的特点，遵循指标体系构建的科学性、完整性及可获得性原则，参考系统适应性研究^[16-21]与乡村生产空间系统评价成果^[4-7]，从易损性、稳定性与响应三个维度选取了32个指标构建乡村生产空间系统适应性评价指标体系，见表1。

易损性是指乡村生产空间系统内外环境变化所导致的系统运行产生风险的可能性，易损性越高，系统适应环境变化的能力就越弱。指标选取农膜施用量、化肥使用量、农药使用量、乡镇企业三废排放量和作物秸秆污染排放量、养殖污染排放密度表征系统生态本底所面临的生产活动的干扰；农业用水量、乡村生产总耗能、城镇工矿用地面积和人均耕地面积则表征系统生产的资源消耗。

稳定性是指乡村生产空间系统面对内外环境变化下，依旧能够保持或促使提升系统固有状态、功能的能力，与适应性呈正向关系。指标选取森林覆盖率表征系统生态涵养能力；粮食、蔬菜、水果、水产品及肉类总产量、农林牧渔总产值表征系统农业产出规模，乡镇企业总产值表征系统乡村工业生产能力，乡村旅游综合收入表征乡村旅游业发展水平；农村居民人均纯收入以及城乡收入差距指数共同反映农民生活水平和质量。

响应是指乡村生产空间系统在面对外界干扰、内部环境变化时对不利因素所采取措施和调整行为的能力，与适应性呈正向关系。指标选取退耕还林面积、水土治理率、乡村生产废水无害化处理量以及乡村环保投资额占比表征系统的环境治理力；农村固定资产投资比、农业商品率、农业机械总动力、农林水事务财政支出以及第一产业贷款总额表征乡村生产活动开展的经济支撑力；农业实用技术培训人数和乡村地域从业人数则表征乡村生产技术、劳动的保障力。

4.2 乡村生产空间系统适应性评估模型

4.2.1 数据标准化 由于各项指标具有不同的量纲，本研究采用极差标准化法对各项指标值的原始数据进行标准化处理。

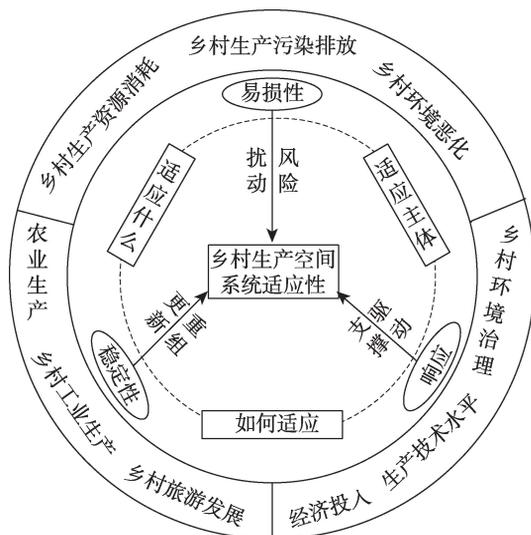


图1 乡村生产空间系统适应性分析框架

Fig. 1 The analysis framework of rural production space system adaptability

表1 江津区乡村生产空间系统适应性测度指标体系

Tab. 1 The index system of rural production space system adaptability in Jiangjin district

目标层	准则层	指标 (单位)	指标含义 (性质)	权重
乡村生产空间 系统适应性	易损性	N ₁ 农膜施用量 (t)	表征农业生产农膜使用强度 (-)	0.0309
		N ₂ 化肥使用量 (t)	表征农业生产化肥使用强度 (-)	0.0515
		N ₃ 农药使用量 (t)	表征农业生产农药使用强度 (-)	0.0326
		N ₄ 乡镇企业三废排放量 (t)	表征乡村工业生产环境污染程度 (-)	0.0254
		N ₅ 作物秸秆污染排放量 (t)	表征乡村农业生产环境污染程度 (-)	0.0293
		N ₆ 养殖污染排放密度 (t/hm ²)	畜禽养殖污染排放量/耕地面积 (-)	0.0184
		N ₇ 农业用水量 (m ³)	表征农业生产水资源的消耗量 (-)	0.0257
		N ₈ 乡村生产总耗能 (kW·h)	表征乡村生产能源消耗量 (-)	0.0285
		N ₉ 城镇工矿用地面积 (hm ²)	间接表征乡村生产空间扩张或压缩程度 (-)	0.0279
		N ₁₀ 人均耕地面积 (hm ²)	耕地面积/总人口 (+)	0.0417
稳定性		N ₁₁ 森林覆盖率 (%)	森林面积/土地总面积 (+)	0.0331
		N ₁₂ 粮食总产量 (t)	表征乡村粮食生产能力 (+)	0.0160
		N ₁₃ 蔬菜总产量 (t)	表征乡村蔬菜生产能力 (+)	0.0292
		N ₁₄ 水果总产量 (t)	表征乡村水果生产能力 (+)	0.0293
		N ₁₅ 水产品总产量 (t)	表征乡村水产品生产能力 (+)	0.0325
		N ₁₆ 肉类总产量 (t)	表征乡村肉类生产能力 (+)	0.0173
		N ₁₇ 农林牧副渔总值 (亿元)	表征乡村农业产出规模 (+)	0.0358
		N ₁₈ 乡镇企业总产值 (亿元)	表征乡村工业生产能力 (+)	0.0264
		N ₁₉ 乡村旅游综合收入 (亿元)	表征乡村旅游发展水平 (+)	0.0607
		N ₂₀ 农村居民人均纯收入 (元)	表征农村居民收入的平均水平 (+)	0.0327
响应		N ₂₁ 城乡居民收入差距指数 (-)	城镇居民人均支配收入/农村居民人均纯收入 (-)	0.0194
		N ₂₂ 退耕还林面积 (hm ²)	表征乡村生态保护措施响应能力 (+)	0.0403
		N ₂₃ 水土治理率 (%)	治理后的水土流失量/治理前的水土流失量 (+)	0.0162
		N ₂₄ 乡村生产废水无害化处理量 (m ³)	表征乡村环境治理的实施力度 (+)	0.0473
		N ₂₅ 乡村环保投资额占比 (%)	乡村环保投资额/总投资额 (+)	0.0494
		N ₂₆ 农村固定资产投资比 (%)	表征固定资产投资额/固定资产投资总额 (+)	0.0242
		N ₂₇ 农业商品率 (%)	农产品商品量/农产品总产量 (+)	0.0375
		N ₂₈ 农业机械总动力 (kW)	表征乡村农业生产机械化水平 (+)	0.0246
		N ₂₉ 农林水事务财政支出 (亿元)	表征乡村农业生产财政支持能力 (+)	0.0283
		N ₃₀ 第一产业贷款总额 (亿元)	表征乡村农业生产金融应对能力 (+)	0.0229
		N ₃₁ 农村实用技术培训人数 (人)	表征乡村农业生产技术支撑能力 (+)	0.0270
		N ₃₂ 乡村地域从业人数 (万人)	表征乡村地域内劳动就业保障能力 (+)	0.0380

注: 指标性质是相对于目标层而确定, 其中“+”表示正向指标,“-”表示负向指标。

当 X_{ij} 是正向指标时:

$$Z_{ij} = X_{ij} - \min X_{ij} / \max X_{ij} - \min X_{ij} \quad (1)$$

当 X_{ij} 是负向指标时:

$$Z_{ij} = \max X_{ij} - X_{ij} / \max X_{ij} - \min X_{ij} \quad (2)$$

式中: Z_{ij} 为标准化之后的指标值; X_{ij} 为某分项具体评价指标原始值; i 为适应性评价的第 i ($i=1, 2, \dots, n$) 个年份; j 为某分项条件的第 j ($j=1, 2, \dots, m$) 个评价指标。

4.2.2 指标权重 熵值法是一种客观赋权方法, 其通过计算指标的信息熵, 根据指标的相对变化程度对系统整体的影响来决定指标的权重, 相比主观确权方法具有较高的可信度^[24]。因此, 本文采用熵值法具体权重。

计算标准化指标数据比值:

$$P_{ij} = Z_{ij} / \sum_{i=1}^n Z_{ij} (\leq P_{ij} \leq 1) \quad (3)$$

计算指标的信息熵值:

$$e_j = (-1/\ln n) \times \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (4)$$

计算信息熵冗余度 (差异性系数):

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

计算指标的权重:

$$W_j = d_j / \sum_{j=1}^m d_j \quad (6)$$

式中: P_{ij} 表示第 j 项指标第 i 年份的比值; e_j 表示第 j 项指标的信息熵值; d_j 表示第 j 项指标的信息熵的冗余度, 也称为差异性系数, 其越大则指标越重要; W_j 表示第 j 项指标的权重。

4.2.3 适应性评估模型 依据乡村生产空间系统适应性内涵及分析框架, 借鉴适应性指数模型及相应的量化方法^[16,18,21], 采用加权求和方法分别计算准则层中易损性 (VN)、稳定性 (ST) 和响应 (RE) 指数:

$$VN = \sum_{j=1}^m W_{vj} VN_{vj} \quad (7)$$

$$ST = \sum_{j=1}^m W_{sj} ST_{sj} \quad (8)$$

$$RE = \sum_{j=1}^m W_{rj} RE_{rj} \quad (9)$$

根据各准则层易损性 (VN)、稳定性 (ST) 和响应 (RE) 指数求得江津区乡村生产空间系统适应性指数 (AD):

$$AD = \sqrt[3]{ST \times RE / VN} \quad (10)$$

式中: W_{vj} 、 W_{sj} 、 W_{rj} 分别为易损性 (VN)、稳定性 (ST) 和响应 (RE) 准则层各指标权重; VN_{vj} 、 ST_{sj} 、 RE_{rj} 分别为易损性 (VN)、稳定性 (ST) 和响应 (RE) 准则层中各指标标准化值。

4.2.4 模型结果 根据公式 (1)、公式 (2) 对选取的指标进行标准化处理, 公式 (3) ~ 公式 (6) 计算出各指标权重值, 见表 1。通过公式 (7) ~ 公式 (9) 分别计算出江津区 2007—2017 年乡村生产空间系统的易损性、稳定性、响应指数。公式 (10) 计算出江津区 2007—2017 年乡村生产空间系统适应性指数, 见表 2, 并绘制出易损性、稳定性、响应及适应性变化趋势, 见图 2。

表2 2007—2017年江津区乡村生产空间系统适应性评价结果

Tab. 2 The results of rural production space system adaptability evaluation in Jiangjin district from 2007 to 2017

年份	易损性 VN	稳定性 ST	响应 RE	适应性 AD
2007	0.109	0.000	0.041	0.003
2008	0.095	0.040	0.080	0.597
2009	0.107	0.059	0.106	0.742
2011	0.109	0.115	0.152	1.208
2012	0.145	0.145	0.160	1.048
2013	0.162	0.176	0.187	1.116
2014	0.190	0.200	0.194	1.038
2015	0.219	0.260	0.236	1.133
2016	0.226	0.296	0.245	1.189
2017	0.236	0.330	0.286	1.305

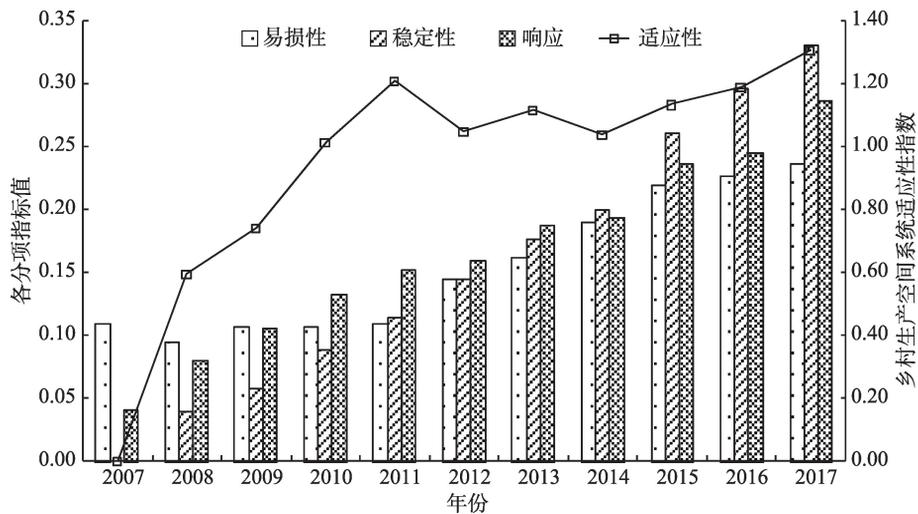


图2 2007—2017年江津区乡村生产空间系统适应性变化趋势

Fig. 2 The change of rural production space system adaptability in Jiangjin district from 2007 to 2017

4.3 乡村生产空间系统适应性时序演变特征

4.3.1 易损性分析 2007—2017年江津区乡村生产空间系统的易损性总体上呈上升趋势,表现出阶段性特征,且不同阶段作用方式差异明显。2007—2011年,系统易损性指数总体上持平,究其原因是乡村生产空间系统运行的本底条件得以改善。主要表现为“十一五期间”江津区一方面大力发展乡村绿色经济和开展清洁种植和清洁养殖“两清”工程,作物秸秆污染排放量得到遏制;另一方面通过强化乡镇企业环保监管力度,严控乡镇企业排污量、排污种类及排污方式,乡镇企业三废排放量和养殖污染排放密度均得到有效控制。2012—2014年,系统易损性指数按约2%的水平持续上升,是系统本底压力与能源消耗双重增加的作用结果。一方面表现为城镇工矿用地面积以年均534 hm²的速率持续增长,增长率达129.72%,建设用地持续扩张、挤占耕地等农用地明显,乡村生产

空间不断被压缩。加之该阶段江津区正处于乡村发展转型的加速期,传统的大田作物种植逐渐被蔬菜大棚与水果等替代,单位耕地面积上的化肥、农药投入有所增加(增幅约为1.06倍);另一方面伴随乡村旅游资源的开发和农业休闲观光的发展,农业用水量、乡村生产总能耗分别以年均0.25亿 m^3 、2343万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 的速度增长。2015—2017年,系统易损性仍维持上升态势但速度趋缓,究其原因是乡村生产空间系统运行的能源消耗增大所致。主要表现为该阶段江津区以生态文明建设为主要发展导向,发展乡村低碳经济,开展化肥、农药使用“零增长”行动,采用低能耗、无污染的沼气、天然气等清洁能源,农药、化肥使用量则呈现负增长的态势,尽管系统本底所面对的生产活动的干扰程度下降,系统易损性得到一定的缓解,但建设用地扩张对农用地挤占导致乡村生产空间压缩和多业态产业发展对资源消耗继续增大,这一现实在很长一段时间内很难得以改变,这是研究区未来降低乡村生产空间系统易损性的关键所在。

4.3.2 稳定性分析 2007—2017年江津区乡村生产空间系统的稳定性总体呈逐年递增趋势,并表现出阶段性增长特征。2007—2011年,系统稳定性指数开始持续增长,究其原因,江津区根据城乡统筹发展的需要,着力建设重庆市江津区现代农业园区,重点打造特色优质粮食、无公害果蔬、花椒生产以及生猪养殖基地,乡村产业转型发展的优势开始凸显。2012—2014年,系统稳定性指数进入平稳增长阶段,江津区依托富硒资源优势,积极引进企业与先进种养殖技术,在保证粮食基本生产量的前提下满足于城市“消费需求”,蔬菜、水果总产量年均增长4.49万t、1.57万t;水产、肉类总产量年均增长1012.5t、2306.7t;同时,为落实十八大“生态文明理念”,江津区强化乡村环境保护,通过培植花椒、柑橘、茶叶等经济作物发展绿色生态经济,森林覆盖率逐年提高,年均增长1个百分点,水土涵养能力增强,且成为林农的“绿色银行”,由此可见,系统面对内外环境变化时吸收干扰以保持自身生产状态、生态保育的能力得以继续提升。2015—2017年,系统稳定性指数提升迅猛,该阶段江津区致力推进乡村一二三产业融合发展,落实乡村振兴战略,积极培育乡村新产业新业态,农林牧渔总产值、乡镇企业总产值年均增长7.25亿元、15.56亿元;同时,充分发挥生态农业和区位优势,将农业景观、文化及特色产业资源融合打造成一大批集生态、观光、休闲娱乐为一体的特色乡村旅游点,乡村旅游收入年均增长8.42亿元,2017年全区乡村旅游收入突破37亿元,成为乡村经济发展的新的增长点,极大的带动了农村居民收入的增长,农村居民人均收入超1.6万元,缩小了城乡居民收入差距,系统吸收内外环境变化的不利因素且保持自身固有能力的进一步强化。

4.3.3 响应分析 2007—2017年江津区乡村生产空间系统响应指数总体呈逐年上升趋势,系统抵御内外界不利因素所采取措施和调整行为的能力得到强化。其中,2007—2011年,系统响应指数上升趋势显著,在重庆市城乡统筹背景下,江津区积极落实“以工促农、以城带乡”,将转变乡村产业发展方式、实现乡村经济发展摆在重要位置,农业农村经济发展的财政、金融支持力度逐渐加大,农林水事务财政支出平均年增长0.89亿元,农村固定资产投资比由10.03%增长至19.30%;同时,狠抓退耕还林、天然林保护以及荒山荒坡等绿化工程,退耕还林面积平均年增长1641.64 hm^2 ,水土治理率增长至58.09%。2012—2014年,系统响应指数增长趋缓。究其原因,一方面,受城镇化影响,农村人口逐渐向城市转移,乡村地域从业人员逐年下降,由74.51万人下降至67.76万人,同时,由于区域产业结构的调整,第一产业贷款总额下降明显;另一方面通过转变传统农业生产方式、模式,推广粮油作物机械化,引进果蔬、养殖新技术,开展农村实

用技术培训,农业机械化水平由35.81万kW增长至40.92万kW,在节约生产投入成本同时极大提高了农产品产量,农业商品率也稳步提升,达75.30%。2015—2017年,系统响应指数显著提高,该阶段江津区积极贯彻《关于加快推进生态文明建设的意见》精神,落实“把修复长江生态环境摆在压倒性位置,共抓大保护,不搞大开发”的要求,全面推进农村环保设施建设和运行管理机制,生态环境建设和治理综合效益取得新成效,乡村环保投资额比重由10.50%增至13.86%,乡村生产环境得到进一步改善。同时,为满足农业企业、家庭农场等新型农业经营主体资金需求,江津区出台农村土地承包经营权流转租金履约保险、农业小额贷款保证保险等农业金融信贷担保政策,第一产业贷款总额得以回升,年均增幅达30%,促进了系统响应的提升。

4.3.4 适应性分析 2007—2017年江津区乡村生产空间系统适应性总体呈现波动式上升趋势,适应性指数由2007年的0.003上升至2017年1.305,说明江津区乡村生产空间系统整体发展态势稳定,可持续发展能力不断增强。乡村生产空间系统适应性是易损性、稳定性和响应三者相互作用的结果。其中2007—2011年,江津区处于乡村产业转型发展的初期,系统稳定性和响应指数上升趋势显著,且系统易损性保持在较稳定的状态,系统适应性呈现一跃式增长,从2007年0.003增至2011年的1.208;2012—2014年,系统适应性呈现波动下降趋势,虽然这一阶段乡村生产空间系统稳定性指数平稳上升,但系统面临的本底压力和资源消耗问题突出,系统易损性逐渐上升,且系统响应增幅趋缓、系统运行疲软,导致系统适应性呈现下降趋势,2014年系统适应性指数下降至1.038;2015—2017年,系统适应性开始呈现稳步上升趋势,该阶段江津区将生态文明建设摆在乡村经济发展主要位置,大力整改农业面源污染,推行农村人居环境整治工作,积极推广清洁能源,系统易损性得到缓解,增幅下降,与此同时,系统稳定性和响应能力得以稳定提升并促使系统适应性强势回归,2017年系统适应性指数达1.305。

5 江津区乡村生产空间系统适应性障碍因素分析

5.1 乡村生产空间系统适应性障碍度模型

为有效理解和分析江津区乡村生产空间系统适应性,加强当前系统适应性能力,构建了障碍度模型^[25]探求影响乡村生产空间系统适应性的障碍因素。

$$V_{ij} = \left[(1 - Z_{ij}) \times w_j / \sum_{j=1}^m (1 - Z_{ij}) \times w_j \right] \times 100\% \quad (11)$$

$$O_{ij} = \sum V_{ij} \quad (12)$$

式中: V_{ij} 为第 i 年第 j 项指标对乡村生产空间系统适应性准则层的障碍度; O_{ij} 为第 i 年各准则层对乡村生产空间系统适应性的障碍度。

5.2 障碍度分析

通过对江津区乡村生产空间系统适应性评价可知,目前,乡村生产空间系统适应性呈现逐年上升趋势,系统易损性也在逐年增强,虽然未能主导系统适应性走势,但在一定程度上影响着系统适应性的继续提升。因此,为了更好的揭示影响系统适应性提升的主要因素,本文主要从系统易损性、稳定性、响应层面入手,根据公式(11)分别计算易损性、稳定性、响应的指标层因子的障碍度,并依据指标层因子障碍度的高低,将排名前4位因子列出,见表3;根据公式(12)计算出三个准则层对于目标层乡村生产空间系统适应性的障碍度,见图3。

表3 2007—2017年江津区乡村生产空间系统适应性主要障碍因子

Tab. 3 The major obstacles factors for rural production space system adaptability in Jiangjin district from 2007 to 2017

准则层	障碍因子	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
易损性	障碍1	N ₅	N ₄	N ₁₀	N ₁₀	N ₁₀	N ₂					
	障碍2	N ₄	N ₅	N ₄	N ₂	N ₂	N ₁₀	N ₁₀	N ₃	N ₃	N ₁	N ₁
	障碍3	N ₆	N ₈	N ₅	N ₅	N ₅	N ₃	N ₃	N ₁₀	N ₇	N ₈	N ₈
	障碍4	N ₃	N ₉	N ₃	N ₈	N ₃	N ₈	N ₉	N ₁	N ₁	N ₉	N ₉
稳定性	障碍1	N ₁₉										
	障碍2	N ₁₇	N ₁₇	N ₁₇	N ₁₇	N ₁₅	N ₁₅	N ₁₅	N ₁₅	N ₂₀	N ₁₈	N ₁₈
	障碍3	N ₂₀	N ₂₀	N ₂₀	N ₂₀	N ₁₇	N ₁₇	N ₂₀	N ₂₀	N ₁₇	N ₂₀	N ₂₀
	障碍4	N ₁₅	N ₁₅	N ₁₅	N ₁₅	N ₂₀	N ₂₀	N ₁₇	N ₁₇	N ₁₈	N ₁₄	N ₁₄
响应	障碍1	N ₂₅	N ₂₅	N ₂₅	N ₂₄	N ₂₅	N ₂₅	N ₂₄	N ₂₄	N ₃₂	N ₃₂	N ₃₂
	障碍2	N ₂₄	N ₂₄	N ₂₄	N ₂₅	N ₂₄	N ₂₄	N ₂₅	N ₂₅	N ₂₄	N ₃₁	N ₃₁
	障碍3	N ₂₂	N ₃₂	N ₃₂	N ₃₂	N ₂₅	N ₂₅	N ₂₆				
	障碍4	N ₂₇	N ₂₂	N ₂₂	N ₅₀	N ₅₀	N ₂₄	N ₂₉				

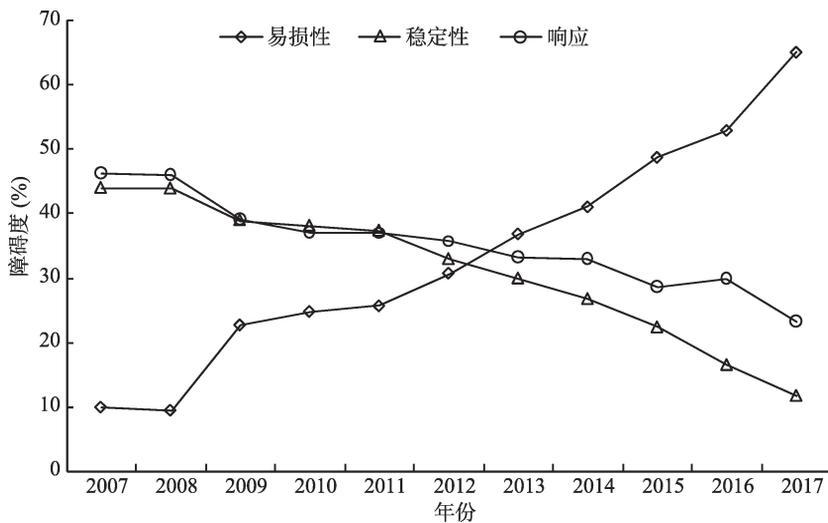


图3 2007—2017年江津区乡村生产空间系统适应性障碍度变化

Fig. 3 The change of obstacle degree of rural production space system adaptability in Jiangjin district from 2007 to 2017

5.2.1 指标因子障碍度分析 从易损性指标因子障碍度来看, 2007—2008年, 该时期由于乡村环保意识不强, 农业生产、乡村工业生产污染排放量较大, 且未得到很好的治理, 致使N₄、N₅、N₈等成为系统适应性的主要障碍因素; 2009—2011年, 随着城镇化发展, 乡村生产空间非自然性压缩加剧, 耕地面积锐减, 为保障农产品产量, 化肥使用量逐渐增大, N₁₀、N₂逐渐上升为主要的障碍因素, 同时, 由于国家对乡村环境的重视, 农业、工业等污染排放得到一定的控制; 2012—2017年, 国家和地方政府对于耕地保护、农村人居环境治理日益重视, 通过土地整治、开发等工程手段, 这一阶段使得江津区人均耕地呈现波动变化趋势, 耕地面积变化相对稳定, 农业面源污染得到有效治理, 但随着乡村经济的进一步发展, 农业种养、农产品加工业规模的扩大促使农药化肥投入与乡村耗能逐渐增大, 而城市的继续扩张也在进一步消耗农村土地资源, N₂、N₁、N₈、N₉成

为当前制约江津区乡村生产空间系统适应性的主要障碍因素。

从稳定性指标因子障碍度来看,2007—2017年,江津区乡村生产空间系统适应性障碍因素主要为 N_{19} 、 N_{18} 、 N_{20} 、 N_{14} ,虽然江津区一直致力于农业农村工作,特色农产品逐渐向规模化、精细化、集约化发展,农产品产量不断攀升,乡村旅游迅猛发展,乡村一二三产业融合发展态势良好。但相对而言,江津区乡村旅游经济在乡村经济占比偏低,当前江津区乡村经济仍然主要依靠农业生产、乡镇企业的发展,同时也使得农村居民人均纯收入增长空间有限,此外,农产品产量受市场供需影响较大,价格风险较高,也在一定程度上影响着系统的稳定运行。

从响应指标因子障碍度来看,2007—2014年,在重庆市城乡统筹发展与现代农业园区建设的势头下,江津区乡村生产活动处于发展的起步期与活跃期,江津区养殖、种植业、乡镇企业生产活动规模不断扩大,乡村生产技术、资金等生产要素投入稳步增长,但农业商品化率维持在比较稳定的水平,提升速度缓慢,与此同时乡村生产空间的生态环境压力逐步显现,由于农业生产化肥农药投入、生产耗能的增加和乡村环保投入不足, N_{25} 、 N_{24} 、 N_{32} 、 N_{22} 成为该阶段系统的主要障碍因素;2015—2017年,随着城市化进程的加快,乡村青壮农村劳动力逐步向城市转移,乡村地域从业人数逐年下降,且根据指标发现,江津区农业实用技术培训人数波动较大,不利于农民群体接受和学习先进的农业技术,在现代化农业加快升级转型时期, N_{32} 、 N_{31} 成为系统适应性的主要障碍因素,与此同时,由于江津区产业结构调整的影响,农林水事务财政支出下降, N_{26} 、 N_{29} 障碍度逐渐显现。

5.2.2 准则层障碍度分析 2007—2017年江津区乡村生产空间系统准则层障碍变化情况各有不同,但整体表现为易损性障碍>响应障碍>稳定性障碍。其中易损性障碍度呈现逐年上升趋势,由2007年的9.96%上升至65.15%,而稳定性与响应障碍度则一起表现为逐渐下降趋势,分别以年均3.22%、2.31%的速率持续下降。由此可见当前江津区乡村生产空间系统适应性障碍因素主要来源于系统的易损性,在现代农业发展过程中,乡村生产空间本底遭受的非自然压力逐渐增大,环境易损风险增加,因此,江津区在未来乡村生产发展过程中应该坚持绿色生态与可持续发展观念,在积极发展乡村经济的同时,把“生态建设”放在第一位,同时遵循《重庆市农业农村发展“十三五”规划》,加强江津区现代休闲农业发展规划,全面促进江津区乡村生产的持续健康发展。

6 结论与启示

6.1 结论

(1) 2007—2017年江津区乡村生产空间系统适应性呈现波动上升趋势,系统应对环境变化以及可持续发展能力不断提高。乡村生产空间系统本底所面临的干扰和压力得到了一定缓解和降低,但乡村生产活动资源能耗的继续增加却成为系统易损性增加的重要原因。乡村产业结构的调整、生产方式的改变以及对乡村环境保护和经济发展的支持力度加大,乡村生产空间系统自身的吸收不利因素与自我调整能力增强,系统稳定性与响应逐渐上升,在三者的共同作用下,乡村生产空间系统适应性得到提升。

(2) 2007—2017年江津区乡村生产空间系统适应性障碍由稳定性、响应障碍逐渐演变为易损性障碍。其中化肥使用量、农膜使用量、乡村生产总耗能、城镇工矿用地面积、乡村环保投资额占比等是目前阻碍江津区乡村生产空间系统适应性的主要障碍因子。

6.2 启示

(1) 发展生态农业、有机农业, 巩固乡村生产空间系统本底, 降低系统易损性风险。以乡村环境保护为前提, 优化传统农业种养殖模式, 采用深耕、测土配方施肥等手段, 推广“秸秆堆肥”“果草间作”“林农间作”等生态农业技术, 规范指导、严控化肥农药使用量, 保持化肥农药零增长; 推进农业农村污染综合整治工作, 加强乡镇企业污染防治技术和管理力度, 采用“畜-沼-菜”“禽-沼-渔”等畜禽养殖粪污利用和处理技术, 开发地膜有效回收利用模式, 有效控制乡村生产面源污染、“白色”污染; 鼓励使用技术高、污染轻、能耗低的乡村生产清洁能源, 构建乡村产业“生态+”“绿色+”等标准化生产模式; 严守耕地、林地保护红线, 实行严格耕地占补政策, 推进高标准基本农田建设, 因地制宜推进国土综合整治与生态保护修复工作, 加强用地复垦、地灾防控、生态造林等工程建设, 改善系统本底条件, 以规避乡村环境恶化、资源耗能持续增加所产生的系统风险。

(2) 拓展富硒特色农业增值空间, 加快培育乡村产业新动能, 提升乡村生产空间系统稳定运行能力。立足区域富硒资源优势, 科学规划富硒产业发展核心区、一般农业发展区等乡村产业空间发展区域, 优化乡村产业用地空间布局, 以此扩大富硒粮油、富硒禽畜水产、富硒果蔬等优质农产品生产规模, 注重生态农业发展, 把生态优势转变为发展优势, 着力打造九叶青花椒、广柑、猫山茶叶等地域特色绿色农业品牌, 在提升农林牧渔品牌附加值和经济效益的同时兼顾农林生态保护; 坚持“用工业化理念发展农业”, 引入先进农产品加工技术, 着力打造富硒特色农产品精深加工示范基地, 培育现代农业技术人才、农业电商人才, 延伸农业产业链条提高农副产品附加值和科技含量; 促进休闲农业与乡村旅游融合的新业态发展, 构建“农业采摘、生态观光、都市休闲”为一体的乡村旅游产业体系, 加快实现江津现代农业园区“景区化”, 形成“一园三片”乡村旅游格局, 把资源优势转变为经济优势, 推动乡村一二三产业深度融合发展, 促进形成乡村新的经济增长点, 有效带动农民增收致富, 提升乡村生产空间系统运行水平。

(3) 增加资金、人才与技术支持力度, 强化乡村生产空间系统响应能力。优化财政支出结构, 推进乡村综合整治工作, 强化农田水利基础设施、水土保持工程等基础设施建设以改善乡村生产条件; 加大乡村环境保护投入力度, 制定并落实乡村水体、土壤污染防治计划, 加强农村人居环境综合整治工作; 继续推行江津区农业小额贷款保证保险工作、土地流转履约保证保险, 健全政策保险为主、商业保险为辅的农村金融担保体系, 着力破解区域乡村产业发展融资瓶颈, 为农业现代化生产注入资金活力; 引导和鼓励农民工、大学生、退役军人等人员返乡创业, 积极协调有关部门为返乡创业人员提供资金、技术等支持和指导, 建立健全返乡创业服务体系; 积极培育新型农业经营主体, 并发挥其农业社会化服务功能, 引导新型农业经营主体参与农民实用技术培训, 为农民提供施肥、机耕等现代农业机械化作业服务, 推进江津区新型农业社会化服务体系建设, 为江津区农业现代化发展提供人才保障和技术支撑。

7 讨论

乡村生产空间作为农业农村发展的空间载体, 长期以来备受社会各界关注, 众多学者从粮食、蔬菜、茶叶等具体农业生产空间的格局演化^[26-28]、乡村“三生空间”功能耦合协调^[29]、土地规模经营^[30]等诸多方面展开了大量研究, 其丰硕成果对于重塑乡村空间形

态、促进乡村发展起到了重要的推动作用^[1]。党的十九大报告提出实施乡村振兴战略,明确了“产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕”的总要求,并成为新时代“三农”工作的总抓手。“产业兴旺”是乡村振兴的重点,是实现农民增收、农业发展和农村繁荣的基础。高质量环境是实现乡村产业兴旺的物质保障,是践行习近平总书记“绿水青山就是金山银山”发展理念的前提。深化农村改革、促进乡村发展,既要处理好农民和土地的关系^[2],更要协调好保护与发展的矛盾。

乡村生产空间系统作为人地关系地域系统的多种形式之一,是乡村多元主体在乡村生产空间中,通过开展各种生产活动,形成的复杂社会经济关系集合体,具有一定的结构和功能机制^[3]。通过解构乡村生产空间系统^[4]、诠释系统运行状态^[4]、运行机制^[5]及其系统的演化规律和可持续发展能力^[6],初步实现了对乡村生产空间系统本身及演化规律的认知,为调整和协调农村人地关系服务于乡村振兴产业兴旺提供了理论支持。但伴随城乡融合发展的继续推进,城乡要素流动频率加剧,乡村面临的内外环境刺激与干扰愈加复杂多变,人地关系呈现出新的特征,这一特征将打破乡村生产空间系统运行的平衡,可促进也可阻碍产业兴旺的实现,是乡村振兴与可持续发展的关键点。适应性作为全球环境变化和区域可持续发展的核心研究之一,不仅能为理解人类—环境(人地系统)交互作用及影响提供研究理论^[8],更为测度区域可持续发展能力指导区域未来发展的方向提供了研究方法范式。因此,本研究在充分考虑并重视乡村生产空间“人”的主观能动性和乡村内生环境、资源的支撑性,强调乡村生产空间系统中人地关系互馈的动态性与连续性的基础上,用适应性这一研究方法和范式构建了乡村生产空间系统适应性分析框架和评价指标体系,测度了乡村生产空间系统适应性,量化了乡村生产空间系统在不同时间节点与其内外环境相互作用过程及其演变规律,解决了当前乡村生产空间系统面临的困境,有助于把握和理解影响区域乡村生产空间系统可持续发展的关键问题,实现保护与发展双赢,助力乡村振兴。本文研究结果与适应性应用于产业生态系统^[6]、人海经济系统^[7]和人地系统^[8]等其他系统的成功经验相契合,但乡村生产空间系统是一开放复杂的巨系统,其系统面临的内外环境复杂多变,精准测度其适应性是一长期工程,建立长期定位动态监测以获取长时序精准数据和内外刺激因子,不断修正其指标体系和量测方法仍是未来研究的重点。

致谢: 评审专家对本研究的理论综述、乡村振兴与乡村生产空间系统的关键论点、研究启示以及增设研究讨论等方面提出了客观、全面、详实的修改意见,特致以诚挚的感谢。

参考文献(References)

- [1] 张英男,龙花楼,马历,等.城乡关系研究进展及其对乡村振兴的启示.地理研究,2019,38(3): 578-594. [Zhang Yingnan, Long Hualou, Ma Li, et al. Research progress of urban-rural relations and its implications for rural revitalization. Geographical Research, 2019, 38(3): 578-594.]
- [2] 方修琦,殷培红.弹性、脆弱性和适应: IHDP 三个核心概念综述.地理科学进展,2007,26(5): 11-22. [Fang Xiuqi, Yin Peihong. Review on the three key concepts of resilience, vulnerability and adaptation in the research of global environmental change. Progress in Geography, 2007, 26(5): 11-22.]
- [3] 王成,李颖颖.乡村生产空间系统的概念性认知及其研究框架.地理科学进展,2017,36(8): 913-923. [Wang Cheng, Li Haoying. Conceptual and research frameworks of rural production space system. Progress in Geography, 2017, 36(8): 913-923.]
- [4] 王成,周明茗,李颖颖,等.基于耗散结构系统熵模型的乡村生产空间系统有序性研究.地理研究,2019,38(3): 619-

631. [Wang Cheng, Zhou Mingming, Li Haoying, et al. Research on the order of rural production space system based on a system entropy model in the dissipative structure. *Geographical Research*, 2019, 38(3): 619-631.]
- [5] 王成, 马小苏, 唐宁, 等. 农户行为视角下的乡村生产空间系统运行机制及重构启示. *地理科学进展*, 2018, 37(5): 636-646. [Wang Cheng, Ma Xiaosu, Tang Ning, et al. Operational mechanism and restructuring of rural production space system from the perspective of farming household behavior. *Progress in Geography*, 2018, 37(5): 636-646.]
- [6] 何焱洲, 王成. 基于信息熵的乡村生产空间系统演化及其可持续发展能力. *自然资源学报*, 2019, 34(4): 815-828. [He Yanzhou, Wang Cheng. The evolution and sustainable development capacity of rural production space system based on information entropy. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(4): 815-828.]
- [7] 何焱洲, 王成. 乡村生产空间系统功能评价与格局优化: 以重庆市巴南区为例. *经济地理*, 2019, 39(3): 162-171. [He Yanzhou, Wang Cheng. Spatial distribution and pattern optimization of rural production space system function: A case study of Banan district, Chongqing municipality. *Economic Geography*, 2019, 39(3): 162-171.]
- [8] Adger W, Arnell N, Tompkins E. Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 2005, 15(2): 77-86.
- [9] Smit B, Wandel J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 282-292.
- [10] Brooks N. Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. Norwich: Tyndall Center for Climate Change Research, Working Paper 38, 2003.
- [11] Smit B, Burton I, Klein R, et al. The science of adaptation: A framework for assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1999, (4): 199-213.
- [12] 崔胜辉, 李旋旗, 李扬, 等. 全球变化背景下的适应性研究综述. *地理科学进展*, 2011, 30(9): 1088-1098. [Cui Shenghui, Li Xuanqi, Li Yang, et al. Review on adaptation in the perspective of global change. *Progress in Geography*, 2011, 30(9): 1088-1098.]
- [13] 孙雪萍, 杨帅, 苏筠. 基于种植结构调整的农业生产适应性分析: 以内蒙古乌兰察布市为例. *自然灾害学报*, 2014, 23(3): 33-40. [Sun Xueping, Yang Shuai, Su Jun. Adaptability analysis of agricultural production based on planting structure adjustment: A case study on Ulanqab city, Inner Mongolia. *Journal of Natural Disasters*, 2014, 23(3): 33-40.]
- [14] 吴吉林, 周春山, 谢文海. 传统村落农户乡村旅游适应性评价与影响因素研究: 基于湘西州6个村落的调查. *地理科学*, 2018, 38(5): 755-763. [Wu Jilin, Zhou Chunshan, Xie Wenhai. The influencing factors and evaluation of farmer's adaptability towards rural tourism in traditional village: Based on the survey of 6 villages in Xiangxi Prefecture, Hunan. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(5): 755-763.]
- [15] 罗佩, 阎小培. 高速增长下的适应性城市形态研究. *城市问题*, 2006, (4): 27-31. [Luo Pei, Yan Xiaopei. Study on the adaptability of urban morphology under high speed growth. *Urban Problems*, 2006, (4): 27-31.]
- [16] 郭付友, 佟连军, 魏强, 等. 吉林省松花江流域产业系统环境适应性时空分异与影响因素. *地理学报*, 2016, 71(3): 459-470. [Guo Fuyou, Tong Lianjun, Wei Qiang, et al. Spatio-temporal difference and influencing factors of environmental adaptability assessment of industrial system in the Songhua River Basin of Jilin Province. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(3): 459-470.]
- [17] 李博, 史剡源, 韩增林, 等. 环渤海地区人海经济系统环境适应性时空差异及影响因素. *地理学报*, 2018, 73(6): 1121-1132. [Li Bo, Shi Zhaoyuan, Han Zenglin, et al. Spatio-temporal difference and influencing factors of environmental adaptability measurement of human-sea economic system in Bohai Rim region. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(6): 1121-1132.]
- [18] 陈佳, 吴孔森, 尹莎, 等. 水土流失风险扰动下区域人地系统适应性研究: 以榆林市为例. *自然资源学报*, 2016, 31(10): 1688-1701. [Chen Jia, Wu Kongsen, Yin Sha, et al. The adaptation of regional human-environmental system under the risk of soil erosion: A case study of Yulin city. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(10): 1688-1701.]
- [19] 李俊枝, 张滨, 吕洁华. 基于VAR模型的森林生态系统适应性管理与经济发展动态关联分析: 以黑龙江省大小兴安岭森林生态功能区为例. *世界林业研究*, 2015, 28(5): 73-80. [Li Junzhi, Zhang Bin, Lv Jiehua. Dynamic correlation analysis of adaptive management of forest ecosystem and economic development based on VAR model: A case study of Daxing'anling and Xiaoxing'anling forest ecological function zone in Heilongjiang province. *World Forestry Research*, 2015, 28(5): 73-80.]
- [20] 刘丽芳. 基于PSR模型的湿地生态系统适应性管理评价. 北京: 北京林业大学硕士学位论文, 2015. [Liu Lifang. Evaluation of adaptive management in wetland ecosystem based on PSR model. Beijing: Master Dissertation of Beijing Forestry University, 2015.]

- [21] 徐瑱, 祁元, 齐红超, 等. 社会-生态系统框架(SES)下区域生态系统适应能力建模研究. 中国沙漠, 2010, 30(5): 1174-1181. [Xu Zhen, Qi Yuan, Qi Hongchao, et al. Modeling of ecosystem adaptive capability under the framework of social-ecological system. *Journal of Desert Research*, 2010, 30(5): 1174-1181.]
- [22] Burton I, Kates R, White G. *The Environment as Hazard*. New York: The Guilford Press, 1993: 66-78.
- [23] 孔祥智. 实施乡村振兴战略的进展、问题与趋势. 中国特色社会主义研究, 2019, (1): 5-11. [Kong Xiangzhi. Progress, problem and trend of implementing the rural vitalization strategy. *Studies on the Socialism with Chinese Characteristics*, 2019, (1): 5-11.]
- [24] 迟国泰, 李战江. 基于主成分-熵的评价指标体系信息贡献模型. 科研管理, 2014, 35(12): 137-144. [Chi Guotai, Li Zhanjiang. Model of information contribution of evaluation index system based on principal component-entropy. *Science Research Management*, 2014, 35(12): 137-144.]
- [25] 赵会顺, 陈超, 胡振琪, 等. 天山北坡经济带城市土地集约利用评价及障碍因素分析. 农业工程学报, 2018, 34(20): 258-266. [Zhao Huishun, Chen Chao, Hu Zhenqi, et al. Evaluation of intensive urban land and analysis of obstacle factors in northern slope of Tianshan Mountains. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(20): 258-266.]
- [26] 邓宗兵, 封永刚, 张俊亮, 等. 中国粮食生产空间布局变迁的特征分析. 经济地理, 2013, 33(5): 117-123. [Deng Zongbing, Feng Yonggang, Zhang Junliang, et al. Analysis on the characteristics and tendency of grain production's spatial distribution in China. *Economic Geography*, 2013, 33(5): 117-123.]
- [27] 吴建寨, 沈辰, 王盛威, 等. 中国蔬菜生产空间集聚演变、机制、效应及政策应对. 中国农业科学, 2015, 48(8): 1641-1649. [Wu Jianzhai, Shen Chen, Wang Shengwei, et al. Spatial evolution, mechanism, effect and policies of vegetable production agglomeration in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48(8): 1641-1649.]
- [28] 肖智, 黄贤金, 孟浩, 等. 2009-2014年中国茶叶生产空间演变格局及变化特征. 地理研究, 2017, 36(1): 109-120. [Xiao Zhi, Huang Xianjin, Meng Hao, et al. Spatial structure and evolution of tea production in China from 2009 to 2014. *Geographical Research*, 2017, 36(1): 109-120.]
- [29] 王成, 唐宁. 重庆市乡村三生空间功能耦合协调的时空特征与格局演化. 地理研究, 2018, 37(6): 1100-1114. [Wang Cheng, Tang Ning. Spatio-temporal characteristics and evolution of rural production-living-ecological space function coupling coordination in Chongqing Municipality. *Geographical Research*, 2018, 37(6): 1100-1114.]
- [30] 万群, 王成, 杜相佐. 基于土地规模经营条件评价的村域生产空间格局厘定: 以重庆市合川区大柱村为例. 资源科学, 2016, 38(3): 387-394. [Wan Qun, Wang Cheng, Du Xiangzuo. Redefinition of patterns of production space on village scale based on evaluation of the land scale operation conditions for Dazhu Village, Chongqing. *Resources Science*, 2016, 38(3): 387-394.]
- [31] 龙花楼. 论土地整治与乡村空间重构. 地理学报, 2013, 68(8): 1019-1028. [Long Hualou. Land consolidation and rural spatial restructuring. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(8): 1019-1028.]
- [32] 刘双, 佟明湛. 中国农村人地关系的基本界定: 基于马克思主义理论的分析框架. 中国土地科学, 2018, 32(1): 29-34. [Liu Shuang, Tong Mingzhan. The basic definition of the relationship between human and land in rural China: An analytical framework based on Marx's theory. *China Land Science*, 2018, 32(1): 29-34.]

The adaptability assessment of rural production space system and obstacles analysis in Jiangjin district of Chongqing

WANG Cheng^{1,2}, LONG Zhuoqi^{1,2}, FAN Rongrong^{1,2}

(1. School of Geographical Sciences/The Laboratory of Research on Rural Human Settlements, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. State Cultivation Base of Eco-agriculture for Southwest Mountainous Land, Chongqing 400715, China)

Abstract: By analyzing the connotation of the adaptability of rural production space system, and constructing a framework of the adaptability, this research establishes an evaluation index system for the space system in the following three dimensions: the vulnerability, the stability, and the response. Then, taking Jiangjin district of Chongqing as an example and using the adaptive evaluation model, this paper evaluates the operation status of the rural production space system from 2007 to 2017. At the same time, the factors of the adaptability obstacle of rural production space system were diagnosed by using the obstacle degree analysis model, and the indexes of the adaptability of rural production space system and the adaptability obstacle degree of criterion layer were calculated. Based on the above research, by analyzing the factors that cause the obstacle to the adaptability of the rural production space system, this paper puts forward some targeted strategies to solve the current reality of the dilemma in the operation of the rural production space system in Jiangjin district of Chongqing. The results show the following aspects. From 2007 to 2017, there is a trend of rising and increasing volatility of the adaptability of rural production space system in the study area on the whole, which shows that the sustainable operation and development capacity of the rural production space system has been improved steadily. The degree of adaptability obstacle of rural production space system has gradually changed from stability obstacle and responsiveness obstacle to vulnerability obstacle, and the key obstacles of the adaptability of the system include the amount of fertilizer used, the amount of agricultural film used, the total energy consumption of rural production, the area of urban industrial and mining land, and the proportion of rural environmental protection investment. It is the key to enhance and improve the adaptability of rural production space system in the district, which aims, on the premise of developing ecological agriculture and organic agriculture and strengthening environmental protection, to reduce the vulnerability of the system, expand the value-added space of selenium-enriched agriculture, effectively increase rural investment in capital, talent and technology to strengthen the stability and response ability.

Keywords: rural production space system; adaptability assessment; obstacle analysis; Jiangjin district of Chongqing