

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2023.06.036.

石若晗, 陈佳, 唐红林, 等. 石羊河流域农户生计脆弱性测度及致脆机理[J]. 水土保持研究, 2023, 30(6): 386-395, 405.

Shi Ruohan, Chen Jia, Tang Honglin, et al. Assessment of Farmers' Livelihood Vulnerability and Its Mechanism in Shiyang River Basin[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(6): 386-395, 405.

石羊河流域农户生计脆弱性测度及致脆机理

石若晗¹, 陈佳^{1,2}, 唐红林¹, 李顺可¹, 张小文^{1,2}

(1. 西北大学 城市与环境学院, 西安 710127; 2. 陕西省地表系统与环境承载力重点实验室, 西安 710127)

摘要: [目的]有效揭示农户生计脆弱性影响因子的作用过程以及农户生计脆弱性的致脆机理, 为石羊河流域乃至整个中国生态脆弱区农户生计可持续发展提供科学参考。[方法]基于石羊河流域样带农户调查数据, 运用综合指数法、脆弱性函数评估模型和障碍度模型等方法, 分析石羊河流域农户生计脆弱性的空间格局, 识别了流域易脆群体, 继而揭示了流域农户生计脆弱性致脆机理。[结果](1) 石羊河流域农户生计脆弱性指数为 0.644, 处于相对较高水平, 整体呈现“北高南低”的空间格局, 并表现出在县城周边区域低值集聚分布的特征;(2) 农户生计脆弱性的大小为: 传统农业主导型(0.99) > 新型农业型(0.80) > 传统非农型(0.64) > 非农主导型(0.60) > 畜牧主导型(0.49), 表现出随着非农化程度增加而脆弱性减小的特征;(3) 耕地缩减面积、生态治理、邻里冲突、农业市场波动和农业支出压力是影响农户暴露度-敏感性的前 5 位障碍因子; 耕地面积、社会关系网络、经济收入、牲畜资本量和劳动力数量是影响农户适应能力的前 5 位障碍因子。[结论]总的来说, 农户暴露度-敏感性和适应能力共同构成生计脆弱性动态循环, 决定着脆弱性的演化方向和路径。

关键词: 关键词: 农户; 生计脆弱性; 样带调查; 致脆机理; 石羊河流域

中图分类号: F323.8

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2023)06-0386-10

Assessment of Farmers' Livelihood Vulnerability and Its Mechanism in Shiyang River Basin

Shi Ruohan¹, Chen Jia^{1,2}, Tang Honglin¹, Li Shunke¹, Zhang Xiaowen^{1,2}

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Northwest University, Xi'an 710127, China;

2. Shaanxi Key Laboratory of Earth Surface System and Environmental Carrying Capacity, Xi'an 710127, China)

Abstract: [Objective] The aims of this study are to effectively investigate the process of influencing factors on farmers' livelihood vulnerability (FLV) and the fragility mechanism of farmers' livelihoods, and provide scientific reference for the sustainable development of FLV in the Shiyang River Basin (SRB) and even the entire ecologically fragile areas of China. [Methods] Based on the transect survey data, we used synthetic index method, vulnerability function evaluation model, and obstacle degree model to analyze the spatial pattern of FLV, identify vulnerable groups, then investigate the mechanism of FLV in this basin. [Results] (1) The vulnerability level in SRB was high, with FLV index up to 0.644. The FLV exhibited a spatial pattern of high in the north and low in the south, with the low FLV values mainly distributing in the periphery of counties. (2) The FLV of different farmer followed the order: traditional agriculture dominant type (0.99) > new type agriculture type (0.80) > traditional non-agricultural type (0.64) > non-agricultural dominant type (0.60) > Animal husbandry orientation (0.49), which suggest that the vulnerability decreased with the increase of the degree of non-agriculturalization. (3) The top five obstacles affecting the exposure-sensi-

收稿日期: 2022-09-11

修回日期: 2022-10-25

资助项目: 国家自然科学基金(41901168, 41771574)

第一作者: 石若晗(1999—), 女, 陕西铜川人, 硕士研究生, 研究方向为干旱区乡村可持续发展。E-mail: shirhwan@163.com

通信作者: 张小文(1975—), 女, 陕西西安人, 博士, 副教授, 主要从事 GIS 空间分析与应用研究。E-mail: zhangxw@nwu.edu.cn

<http://stbcyj.paperonice.org>

tivity of farmers included reduction of cultivated land area, ecological recover, neighborhood conflicts, fluctuations of agricultural market, and agricultural expenditure pressure. The major factors that limited the adaptability included cultivated land area, social network, economic income, livestock capital, and labor force. [Conclusion] In general, farmers' exposure-sensitivity and adaptability constitute the dynamic cycle of livelihood vulnerability, which determines the evolution direction and path of FLV.

Keywords: farmers; livelihood vulnerability; transect survey; vulnerability mechanism; Shiyang River Basin

中国是世界上生态脆弱地区分布面积最大,生态脆弱性表现最明显的国家之一^[1]。近几十年来,随着人口增长和粗放式经济的快速发展,生态脆弱区固有人地矛盾不断加剧,生态环境恶化态势长期未得到有效控制,严重制约着区域农业发展和乡村发展^[2]。石羊河流域作为我国典型的生态脆弱区,长期以来受内陆干旱气候和水资源短缺胁迫,生态环境问题突出。尤其自 20 世纪 70 年代以来,随着水、林木等资源的过度攫取以及耕地无序扩张等人类活动干扰加剧,人地矛盾日趋尖锐,对流域系统持续稳定运行提出严峻挑战^[3]。农户作为石羊河流域系统最小的经济活动主体和资源利用单元,承担着自然和社会的双重风险^[4],因而如何维系农户生计的稳定并且最大程度地降低和减缓生态环境恶化、资源管理等风险对农户产生的不利影响,对实现流域可持续发展至关重要。

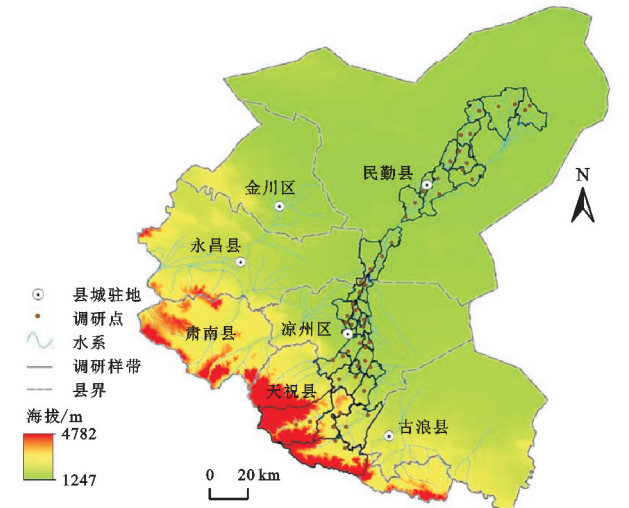
脆弱性研究起源于自然灾害领域,可以将其理解为暴露于风险、扰动或压力下的系统,由于自身的敏感性特征和缺乏对不利扰动的应对能力而使系统受到的负面影响或损害状态^[5]。在全球气候变化和社会经济快速发展的背景下,脆弱性作为分析人地关系和可持续发展的有效工具,已经被广泛应用于气候变化、自然灾害、资源管理、土地利用和可持续性科学等多个研究领域^[6-10]。国外对脆弱性研究开展较早,经历了从自然系统转向社会-生态系统,研究尺度从宏观转向微观,研究主体从自然环境转向以人为中心的过程^[11-12],而国内相关研究起步较晚,目前相关研究仍然注重于自然系统、社会系统以及人-地复合系统脆弱性定量评估与情景模拟,而对微观农户尺度资本和权力的演变关注尚有不足^[13]。农户作为人地关系变化的主要响应者和人地系统演化的核心推动者,近年来关注度日益增加,也使脆弱性的研究对象开始逐渐转向农户尺度^[14],如阎建忠^[15]、赵雪雁^[16]和刘伟^[13]等基于“暴露度-敏感性-脆弱性”框架(vulnerability scoping diagram, VSD),分别评价了青藏高原东部样带生态敏感区、多重压力下黄河水源补给区以及陕西省易地搬迁区农户的生计脆弱性,并进一步揭示出生计脆弱性的致脆因子。这一系列研究既为后

续脆弱性研究的推进奠定了坚实基础,也促进了脆弱性的实践应用,但总体来看,当前研究仍囿于生计脆弱性的评估和前因分析,而对影响因子的作用过程以及农户生计脆弱性的致脆机理缺乏有效的揭示。

据此,本文基于石羊河流域样带农户调查数据,运用综合指数法、脆弱性函数评估模型和障碍度模型等方法,分析石羊河流域农户生计脆弱性的空间格局,甄别流域易脆群体,探析农户生计脆弱性的影响因子,明确变量对农户生计脆弱性的影响机制,并进一步总结出石羊河流域农户生计脆弱性致脆机理,有望为石羊河流域乃至整个中国生态脆弱区农户生计可持续发展提供科学参考。

1 研究区概况

石羊河流域地处甘肃省中部、祁连山北麓(101°22'—104°04'E,37°07'—39°27'N),东南与白银、兰州两市相连,西南紧靠青海省,西北与张掖市毗邻,东北与内蒙古自治区接壤,流域面积约 4.16×10⁴ km²,多年平均降水量为 207 mm,多年平均自产水资源量为 1.310×10⁹ m³,行政区划包括武威市的古浪县、凉州区、民勤县全部及天祝县部分乡镇,金昌市的永昌县和金川区全部以及张掖市肃南县部分乡镇(图 1)。



注:基于标准地图服务系统下载的审图号 GS(2019)3333 号的标准地图制作,底图未做修改,下同。

图 1 石羊河流域区位

Fig.1 Location map of Shiyang River Basin

该流域地处青藏高原、黄土高原和蒙新高原过渡地带,地势自西南向东北倾斜,自西向东可分为三大区域:上游祁连山地、中游走廊平原地带和下游绿洲地带。受气候变化和人类活动影响,上游祁连山区植被退化严重,水源涵养能力降低,土地荒漠化、草原化态势加剧,水库泥沙淤积,出山径流量减少。同时,由于人口持续增长和社会经济发展需求,2000年中游地区耗水量相比建国初期增加了 $3.93 \times 10^8 \text{ m}^3$,严重挤占下游民勤地区水资源量,蔡旗断面过水量从建国初期至2002年减少了 $5.6 \times 10^8 \text{ m}^3$,进一步加剧了下游地区对地下水资源的攫取量,同期民勤县机电井数量增加至9 902眼,其中超过300眼深度达300 m以上^[17],使区域性地下水位下降10~20 m,部分地区达30 m以上,地下水矿化度高达4~6 g/L,形成7万余人、12万头牲畜饮水困难,天然植被大面积死亡,土地盐渍化、荒漠化态势显著,绿洲面积减少近 $3.0 \times 10^4 \text{ hm}^2$,风沙、干旱等自然灾害频发的恶劣局面,并有 $6.7 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 耕地与 $3.87 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 林地沙化, $2.63 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 草场退化, $2.0 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 耕地被迫弃耕,部分农户沦为“背井离乡”的“生态难民”^[18],农户生计面临剧烈扰动。2000年起,政府实施一系列以水资源管理为核心的石羊河流域生态治理措施,包括“关井压田”、退耕还林和农业种植结构调整等,直接导致农户种植作物改变、农业支出压力增加、耕地面积显著减少,引起农业市场和经济效益波动等问题,对长期依赖传统农业生计的农户产生冲击,其生计方式发生了快速转型,经济收入、社会关系网络和生产物资等产生了剧烈变化。此外,改革开放以来,户籍制度变化和快速城镇化过程使得城乡人员流动速度加快,促使乡村大量剩余劳动力向城市转移,农户生计逐渐转向非农业活动,收入多样性提升,生计资本发生显著变化。因此,在环境胁迫和社会经济结构变迁、农户生计剧烈转型背景下,对该流域农户生计脆弱性开展实证研究更具有典型性和现实意义,能为该区域可持续发展政策制定提供实践参考。

表1 农户生计类型及划分标准

Table 1 Types of rural households' livelihoods and classification standards

农户类型	收入占比/%				劳动力主要投入方向	农户数量/户	比例/%
	粮经作物收入	畜牧养殖收入	设施农牧收入	非农收入			
传统农业主导型	70~100	0~70	0~50	0~20	粮经作物种植	22	7.53
畜牧主导型	0~20	70~100	0~50	0~20	畜牧活动	11	3.77
传统非农型	20~70	0~70	0~50	20~70	粮经作物种植+非农活动	64	21.92
新型农业型	0~20	0~70	50~100	0~20	设施农牧业+粮经种植/非农活动	18	6.16
非农主导型	0~20	0~70	0~50	70~100	非农活动	177	60.62

2.2.2 生计脆弱性测度 当前脆弱性评估多基于政府

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

由于石羊河流域地域广阔,难以进行全区域、全样本调研。鉴此,本文基于典型性、易用性和完备性原则^[19]选取石羊河流域干流周边33个乡镇为调研样带(区域),并于2021年9月14日—9月24日开展实地调查工作(图1)。综合运用系统抽样法和分层抽样法筛选样本点,面积较大的乡镇选取2个行政村,面积较小的乡镇选取1个行政村,每个行政村发放问卷6~8份,共计发放问卷295份,其中有效问卷292份,问卷有效率为98.98%。

问卷内容主要包括:(1)家庭基本情况,包括人口数量、劳动力数量和经济收支情况等;(2)自然资本,包括耕地面积、水资源状况、种植结构以及设施农牧业情况;(3)物质资本,包括家庭固定资产量、牲畜资本量等;(4)金融资本,包括借贷机会、可借款人数等;(5)社会资本,包括邻里冲突、社区支持类型等;(6)农户感知,包括社区贫富差距、自然灾害发生频率等;(7)其他,包括农户面临的生计风险、生态治理对农户生计的影响等。

2.2 研究方法

2.2.1 农户生计类型界定 实地调查表明,石羊河流域农户存在4种生计活动:传统农业活动,如种植小麦、玉米等粮食作物,茴香、葵花等经济作物;畜牧活动,如牛、羊等的畜牧(不包括设施牧业);新型农业活动,主要是设施农牧业,如温室大棚种植蔬菜、暖棚养殖牛羊等;非农活动,诸如外出务工、企事业单位工作、个体经营等。已有研究大多从兼业视角出发,从劳动力主要投入方向和各项收入的比重划分农户类型^[20-21]。据此,本文根据识别出的石羊河流域4类生计活动,定量考虑农户家庭收入占比,定性分析农户劳动力投入方向,将石羊河流域农户生计划分为5类:传统农业主导型、畜牧主导型、传统非农型、新型农业型和非农主导型(表1)。

间气候变化专门委员会(IPCC)提出的脆弱性分析框架,

在农户尺度上可将其解构为“暴露度(exposure)”“敏感性(sensitivity)”和“适应能力(adaptive capacity)”3 个核心要素^[22-23]。由于在理解农户尺度脆弱性的过程中，暴露度和敏感性这两个要素难以进行明确分割^[24]，因此本文基于调整的 VSD 框架^[23,25]构建农户生计脆弱性评估指标体系，具体指标见表 2。

表 2 石羊河流域农户生计脆弱性评估指标体系

Table 2 The assessment index system of rural households' livelihood vulnerability in Shiyang River Basin

维度	子维度	指标	指标释义	权重	平均值	标准差
暴露度-敏感性	外部风险	生态治理	石羊河流域生态治理对农户的影响程度,五值化	0.202	2.356	1.142
		农业市场波动	农业市场波动是否对家庭有影响,0=否;1=是	0.141	0.332	0.471
		邻里冲突	与乡村社区成员之间的冲突,五值化	0.126	1.380	0.674
		地理区位(h)	到县城的时间距离	0.088	1.106	0.946
		水质状况	农户饮用水的质量,五值化	0.014	3.743	1.006
	内部风险	自然灾害频率	近三年发生自然灾害的频率,五值化	0.026	2.643	1.496
		家庭抚养比	家庭无劳动能力人口比例	0.055	0.355	0.222
		家庭支出压力	家庭年度支出/家庭总收入	0.083	0.790	0.372
		农业支出压力(元)	种植畜牧投入(包括水资源费、化肥投入、牲畜饲草成本等)/家庭总收入	0.099	0.129	0.163
		耕地缩减面积(hm ²)	退耕还林、关井压田面积	0.164	0.052	0.165
人力资本	家庭总人口	家庭总人数	0.045	4.825	1.179	
	劳动力数量	劳动力数量	0.101	3.021	1.063	
	劳动力受教育年限(a)	劳动力平均受教育年限	0.052	9.121	3.260	
适应能力	物质资本	牲畜资本量	拥有大型牲畜(牛/羊/马)数量	0.208	18.031	40.73
		家庭固定资产量	家庭固定资产数量	0.023	5.952	1.284
	自然资本	耕地面积(hm ²)	农户拥有确权耕地面积	0.083	0.715	0.580
		有效灌溉程度	耕地有效灌溉程度,五值化	0.045	4.188	1.511
	金融资本	经济收入(万元)	家庭年度总收入	0.087	10.467	6.681
		经济能力(万元)	家庭总收入减去总支出	0.042	3.211	4.133
	社会资本	社区支持	农户从社区获得的支持类型数	0.051	2.404	0.755
		社区交流	乡村社区农户务工/务农经验交流情况,五值化	0.034	3.452	1.083
社会关系网络		经济困难时可帮助人数	0.113	2.260	1.168	
多样性	收入多样性	利用收入多样性指数公式:EI= $\sum_{i=1}^n X_i \ln \frac{1}{X_i}$ 计算,式中:EI 为收入多样性指数;X _i 为某一收入来源占总收入的比重	0.060	0.740	0.347	
	种植多样性	农户种植作物类型数	0.054	1.688	1.025	

为客观反映石羊河流域农户生计脆弱性,本文结合熵值法(定量分析)和层次分析法(定性分析)对指标进行综合赋权(求取两者结果平均值,计算过程在此省略),能够有效避免权重模糊问题。此外,为消除生计脆弱性指标不同量纲对综合评价的影响,选择极差标准化方法对原始数据进行归一化处理。最后利用综合指数法加权计算求出暴露度-敏感性指数和适应能力指数,并利用脆弱性函数评估模型计算生计脆弱性指数。

(1) 极差标准化公式。

正向指标:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)}$$

(1)

负向指标:

$$P_{ij} = \frac{\max(X_i) - X_{ij}}{\max(X_i) - \min(X_i)}$$

(2)

式中: X_{ij} 为原始数据; X_i 为第 i 项指标值; $\max(X_i)$ 和 $\min(X_i)$ 分别为第 i 项指标的最大值和最小值; P_{ij} 为标准化后的无量纲数据。

(2) 暴露度-敏感性指数和适应能力指数计算公式。

$$ESI = \sum_{j=1}^{10} W_{ESj} P_{ESij}$$

(3)

$$ACI = \sum_{j=1}^{14} W_{ACj} P_{ACij}$$

(4)

式中:ESI 和 ACI 分别为暴露度-敏感性指数和适应能力指数; W_{ESj} 和 W_{ACj} 分别为指标对应权重; P_{ESij} 和 P_{ACij} 分别为指标标准化值。

(3) 根据已有实证研究结果^[12,22],将暴露度-敏感性指数和适应能力指数理解为生计脆弱性的函数,其中暴露度-敏感性和脆弱性成正比,适应能力和脆弱性成反比。故生计脆弱性计算公式确定为下:

$$LVI = \frac{ESI}{ACI} \quad (5)$$

式中:LVI为生计脆弱性指数。

2.2.3 生计脆弱性影响因素 明确石羊河流域农户生计脆弱性的影响因素,对于降低农户在内外部风险下的暴露、敏感程度,提高农户应对内外部扰动的能力至关重要。因此,本文引入障碍度模型识别农户生计暴露度-敏感性和适应能力两个维度主要障碍因子^[12],从而探析流域农户生计脆弱性的影响因素,继而结合实地调查结果揭示流域农户生计脆弱性致脆机理。计算公式如下:

$$A_j = \frac{Y_{ij}W_j}{\sum_{j=1}^n Y_{ij}W_j} \times 100\% \quad (6)$$

$$Y_{ij} = 1 - X_{ij} \quad (7)$$

式中: A_j 为第 j 个指标的障碍度; Y_{ij} 为指标偏离度,是指指标标准化值和最优值之间的差值; W_j 为指标 j 对生计脆弱性的贡献程度,用所求指标权重表示; X_{ij} 为指标标准化值。

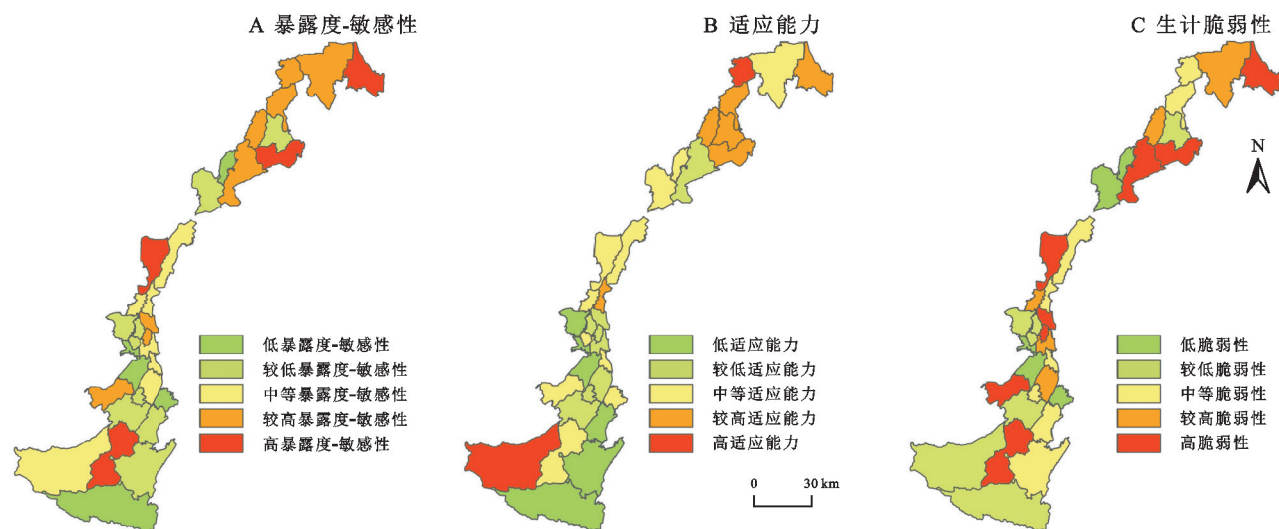


图2 石羊河流域农户生计脆弱性空间格局

Fig. 2 Spatial pattern of livelihood vulnerability of farmers in the Shiyang River Basin

3.2 农户生计脆弱性特征

3.2.1 暴露度-敏感性和适应能力 根据计算结果,以暴露度-敏感性指数和适应能力指数平均值 0.215, 0.340 为标准,将其划分为 4 个象限,第 I 象限:低暴露度-敏感性-高适应能力($ESI < 0.215, ACI > 0.340$);第 II 象限:高暴露度-敏感性-高适应能力($ESI > 0.215, ACI > 0.340$);第 III 象限:低暴露度-敏感性-低适应能力($ESI < 0.215,$

3 结果与分析

3.1 农户生计脆弱性空间格局

基于地理邻近性原则,同一乡镇内部由于地理环境和地域文化的同质性,农户拥有相似的生计方式与生计资本,可以认为其生计脆弱性存在一致性,所以在此将计算数据赋值到乡镇尺度,探析农户生计脆弱性的空间格局。根据公式(3)—(5)计算得到石羊河流域农户暴露度-敏感性指数、适应能力指数和生计脆弱性指数,然后利用 ArcGIS 10.2 软件实现空间可视化,并按自然断点法将其分为 5 个等级:低、较低、中等、较高和高。

由于下游地区长期以来受干旱环境胁迫,水质较差,自然灾害频发,并且生态治理扰动明显,暴露度-敏感性指数较高;但同时由于该区域耕地面积较大,农业效益较好,且农户生计方式多样,所以适应能力指数也较高,空间格局均呈现出“北高南低”的态势,即高暴露度-敏感性的区域,具有较高的适应能力(图 2A—B)。流域农户生计脆弱性指数为 0.644,整体处于较高脆弱水平,在空间上也呈现出“北高南低”的特征,并表现出低值在县城周围区域集聚分布的特点(图 2C)。

$ACI < 0.340$);第 IV 象限:高暴露度-敏感性-低适应能力($ESI > 0.215, ACI < 0.340$)。

传统农业主导型农户受内外部风险胁迫较强,具有高暴露度-敏感性,而适应能力不存在显著差异,适应能力指数集聚于平均值附近,整体位于 II 和 IV 象限;畜牧主导型农户暴露度-敏感性指数分异不明显,而适应能力指数整体超过了平均值,主要处于 I、II 象限;传统非

农型农户的暴露度-敏感性相对较低,适应能力处于中等偏上水平,主要位于I,II和III象限;新型农业型农户具有较高的暴露度-敏感性,但适应能力较差,主要位于II和IV象限,占比为 66.67%;非农主导型农户暴露度-敏感性和适应能力都相对较低,农户分布以III象限最为集中,占比 41.80%。可见,传统农业主导型和新型农业型农户在内外风险下有更高的暴露度-敏感度,遭受的不利影响程度更高;而畜牧主导型和传统非农型农户具有更高的适应能力,运用自身资源适应扰动、减缓外部影响的能力更强(图 3)。

3.2.2 生计脆弱性特征 根据脆弱性计算结果,进行单因素方差分析(One-way ANOVA analysis), F 值为 9.391, $\text{Sig.}=0.000$,结果表明不同类型农户生计脆弱性差异显著,可以进行进一步分析。

传统农业主导型农户生计脆弱性指数集中于[0.79, 1.14],脆弱性整体较高;传统非农型和非农主导型农户生计脆弱性指数均位于[0.35, 0.82],分别相对较为集中,脆弱性整体较低;新型农业型农户生计脆弱性指数位于[0.43, 1.06],不存在明显的集中特征;畜牧主导型农户生计脆弱性整体较低。就其平均值而言,传统农业主导型农户生计脆弱性指数最高,为 0.99;其次是新型农业型农户,为 0.80,表明这两类农户在内外风险扰动下稳定性较差,属易脆群体;传统非农型和非农主导型农户生计脆弱性处于中等水平,分别为 0.64, 0.60;而畜牧主导型农户生计脆弱性最低,为 0.49,其在内外风险扰动下生计稳定性较高(图 4)。整体上,农户生计脆弱性呈现出随着非农化程度的提高而下降的特征。

3.3 石羊河流域农户生计脆弱性致脆机理

3.3.1 障碍因子识别 根据公式(6)―(7)计算得出影响暴露度-敏感性和适应能力的前 5 位障碍因子,计算结果见表 3。影响暴露度-敏感性的主要因子是耕地缩减面积、生态治理、邻里冲突、农业市场波动和农业支出压力,表明农户致脆扰动主要来自于外部风险;影响适应能力的主要因素有牲畜资本量、社会关系网络、经济收入、耕地面积和劳动力数量,可见农户生计资本对适应能力的影响程度较高,而农户通过多样性手段规避风险的能力较低。

3.3.2 影响机制 为了进一步探析变量对流域农户生计脆弱性的影响机制,将暴露度-敏感性指数和适应能力指数作为因变量,上文识别出的障碍因子作为自变量,利用 Origin 2021 软件进行拟合分析,拟合结果表明自变量对因变量存在线性和非线性两种影响方式。

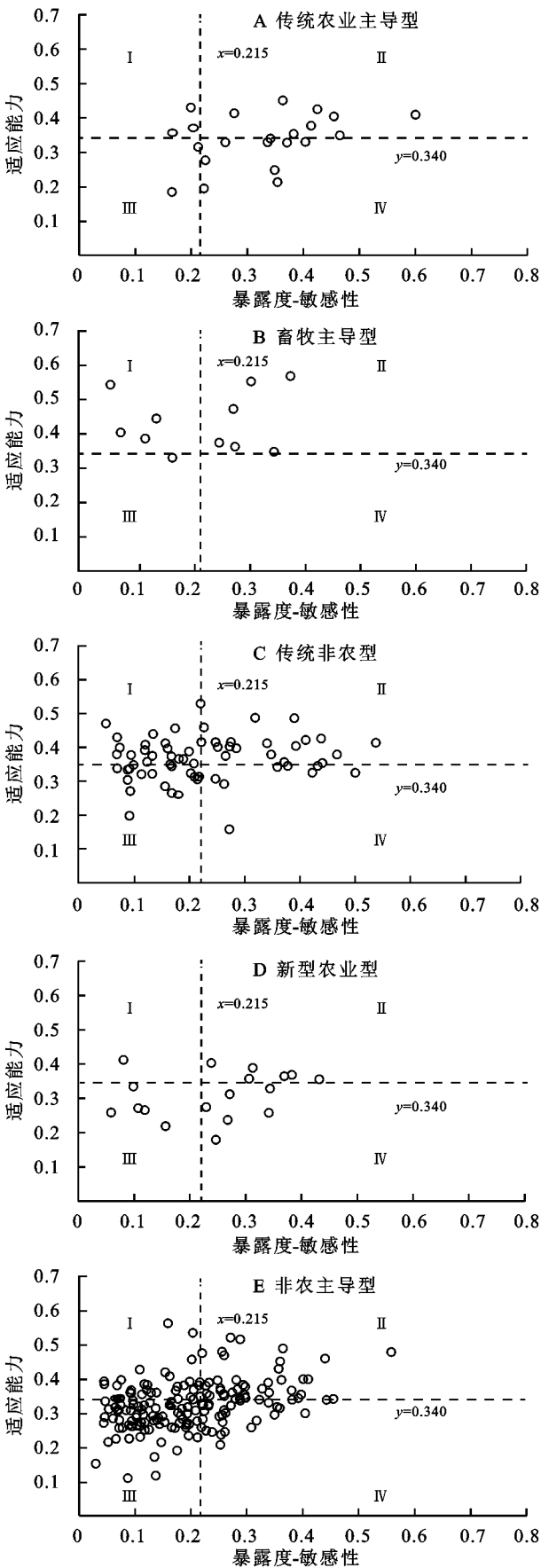


图 3 石羊河流域农户暴露度-敏感性和适应能力特征
Fig. 3 Characteristics of farm households' exposure-sensitivity and adaptability in Shiyang River Basin

(1) 耕地缩减面积、生态治理、邻里冲突、农业市场波动和农业支出压力与暴露度-敏感性指数拟合曲线均呈现线性增加趋势(图5)。

首先,由于“退耕还林”和“关井压田”等政策的影响,农户耕地面积逐渐减少,导致农作物种植面积和作物产量降低,农业收入减少;其次,流域生态治理政策是以“水权改革”为核心的一系列旨在恢复流域生态环境的举措,这项政策直接导致农户水资源费上升、有效灌溉程度下降等压力的出现,降低了农户农业整体效益,提高了农户暴露的风险,同时也会导致移民搬迁、耕地面积缩减等其他问题的出现;第三,乡村社区邻里冲突的增加,比如上游地区牧户因草场资源而起的资源冲突,会降低农户从乡村社区获得的支持,弱化地缘社会关系网络,从而阻碍农户之间的资源流动;第四,农业市场波动是长期以来影响农户的重要变量,波动程度越大,流域依赖农业农户的暴露风险程度就越高,收入就更趋于不稳定;最后,农业支出压力主要来自于牲畜饲

草、水资源费和农药化肥等的投入,随着农业支出压力的增加,农户从农业中获得的效益将逐渐减少。

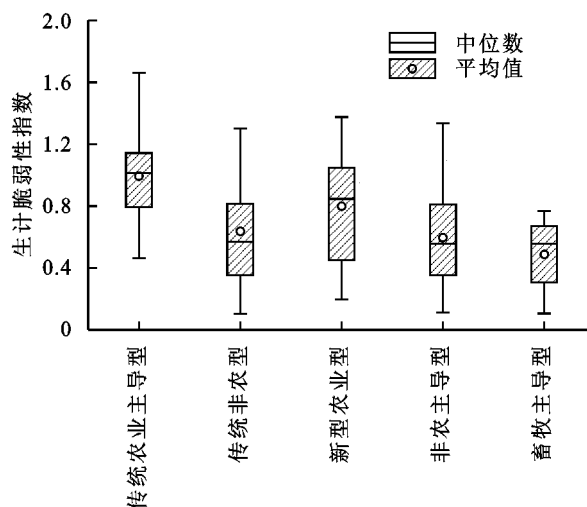


图4 石羊河流域农户生计脆弱性特征

Fig. 4 Vulnerability characteristics of farmers' livelihoods in the Shiyang River Basin

表3 石羊河流域生计脆弱性障碍因子识别结果

Table 3 Recognition results of obstacle factors of livelihood vulnerability in Shiyang River Basin

维度	障碍因子	障碍度/%	维度	障碍因子	障碍度/%
暴露度-敏感性	耕地缩减面积	29.204	适应能力	牲畜资本量	19.768
	生态治理	11.767		社会关系网络	17.037
	邻里冲突	10.383		经济收入	14.554
	农业市场波动	9.933		耕地面积	11.994
	农业支出压力	7.606		劳动力数量	11.580

(2) 牲畜资本量、经济收入和劳动力数量与适应能力指数拟合曲线为倒“U”型,呈非线性增加趋势,社会关系网络、耕地面积与适应能力指数拟合曲线呈线性增加的趋势(图6)。

根据耗散结构理论,石羊河流域农户生计系统正处于从无序混乱转向有序平衡的过程之中,要素间非线性作用成为生计系统演化的重要动力,深刻影响着农户生计脆弱过程^[26]。石羊河流域上游祁连山区畜牧业较为发达,牲畜资本量的提高有助于实现经济资本积累,但牲畜资本量过高也会导致牲畜饲草成本过高、劳动力不足等问题出现,下游地区牲畜养殖多以暖棚为主,养殖规模小,是实现收入多样化的重要手段;经济收入的增加有助于农户生计资本的积累,从而增强农户综合运用经济资源应对内外部风险扰动和压力的能力;充足的劳动力是维系和发展农户生计的核心要素,为农户多样化生计的实现及家庭经济收入的提高提供可能。

对于社会关系网络和耕地面积因子而言,社会关系网络的拓展,有助于农户在内外部扰动下形成风险应对(资源流动)关系网络,综合运用亲缘和地缘关系,有效增强了农户资源利用能力,从而降低暴露程

度和扰动的不利性,而耕地面积的扩大能够有效增加农业效益,提高农户应对能力。

3.3.3 生计脆弱性致脆机理

(1) 内外部风险是农户生计脆弱的重要前提条件。农业市场波动、生态治理和邻里冲突等外部风险和农业支出压力、耕地缩减面积等内部风险的增加对农户暴露度-敏感性产生正向影响,使得农户在外部环境下承受更强的冲击,从而提高了流域农户的脆弱性。总体上看,内外部风险对农户生计的影响是通过阻碍农户生计资本积累而实现的,如农业市场波动影响农牧产品价格,进而影响农户金融资本(经济收入);农业支出压力提高将降低农户金融资本(经济能力),进而导致农户种植结构调整;耕地面积的缩减降低了农户自然资本;邻里冲突弱化了农户社会关系网络和社区支持,从而降低社会资本;而生态治理从减少耕地面积、提高水资源费用、实行生态移民等多个方面对农户产生综合影响,全面影响农户生计资本积累过程。由此可见,农户生计脆弱性的实质是由暴露度-敏感性和适应能力所构成的动态循环,决定着脆弱性演化路径和方向。

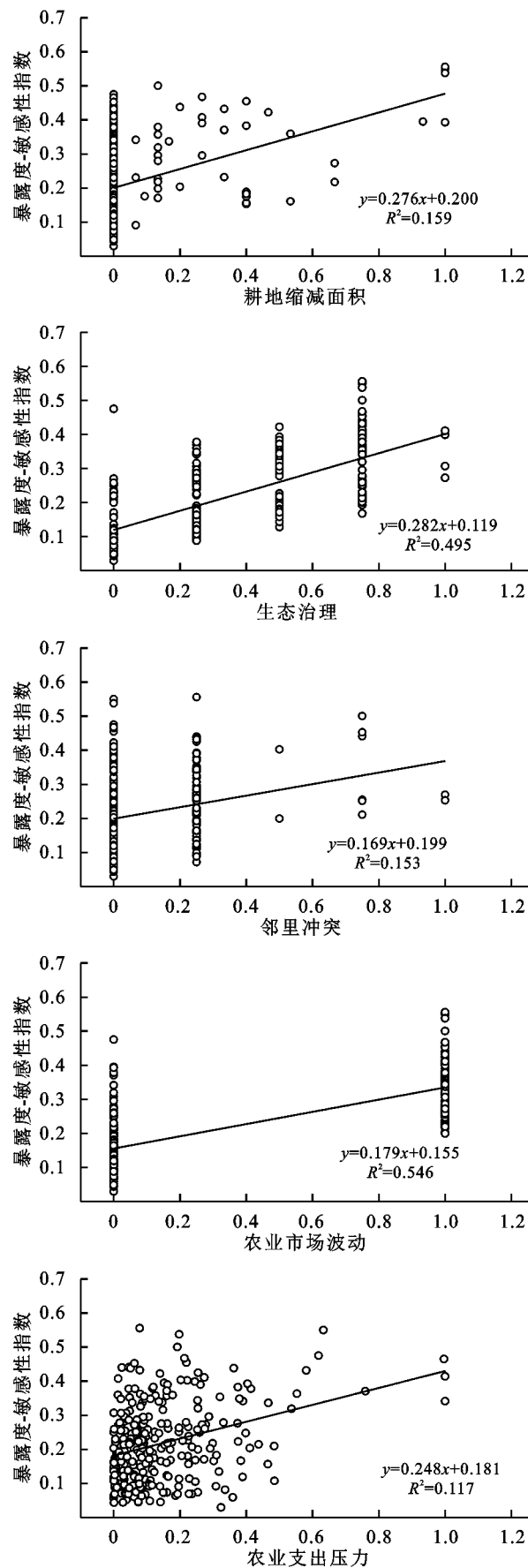


图 5 石羊河流域农户暴露度-敏感性指数与变量拟合曲线
Fig. 5 Fitting curve of farm household exposure-sensitivity index and variable in Shiyang River Basin

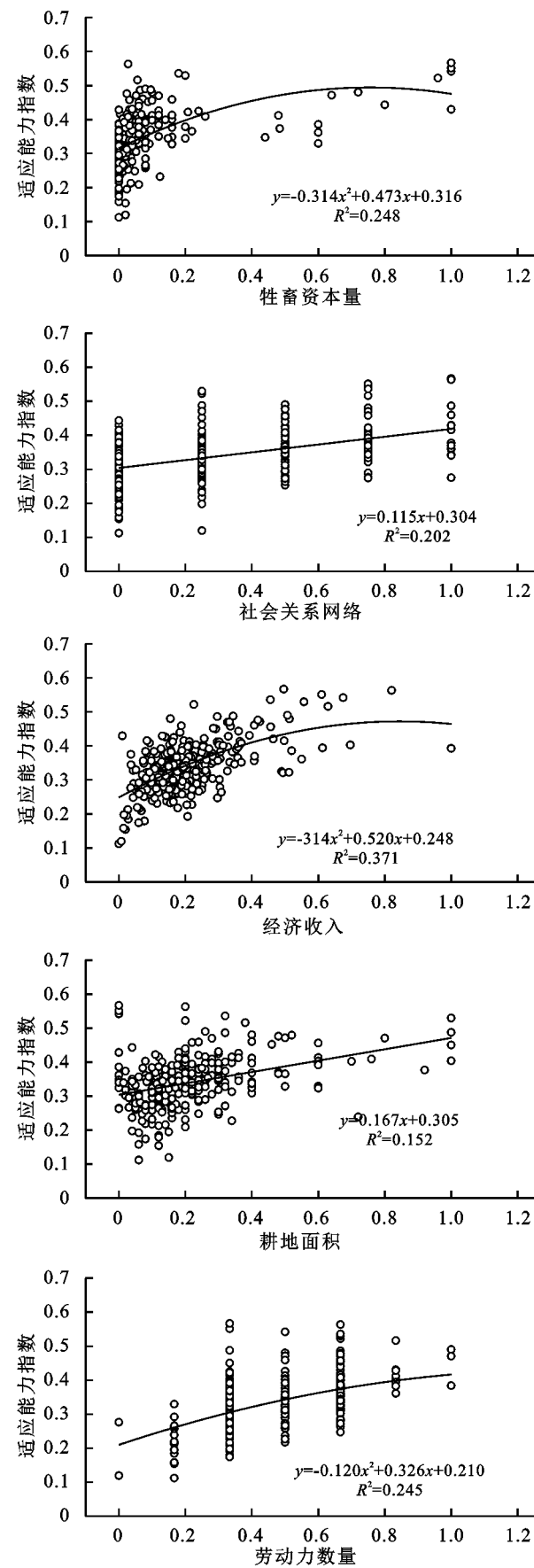


图 6 石羊河流域农户适应能力指数与变量拟合曲线
Fig. 6 Fitting curve of household adaptability index and variables in Shiyang River Basin

(2) 农户适应能力是降低和减缓内外部风险冲击的基础。实证研究表明,农户生计资本是农户生计适应的关键要素,劳动力数量、经济收入、耕地面积、社会关系网络和牲畜资本量等生计资本的增加/增强将有效提高农户适应能力,进而降低农户生计脆弱性。同时,根据可持续生计分析框架^[27],在农户生计资本要素之间,也存在着较强的内部联系,如农户劳动力数量的增加会直接提高农户经济收入,增加物质资本量,增强对自然资本的投入,也有利于拓宽社会关系网络;而社会关系网络(社会资本)的增强将形成稳固的经济资源流动网络,促进农户间的资源流动,增加经济收入。因而,农户生计资本要素及其相互作用共同构成了农户适应能力的基础,并通过调整对生计压力的敏感性而改变生计脆弱性。因此,农户适应过程就是农户主体在内外部风险暴露下,基于理性选择,充分运用自身资源(生计资本)应对,以降低和减缓内外部扰动的不利影响,维系自身生计的稳定,从而有效降低生计脆弱性的过程。

(3) 由于劳动力投入方向和收入结构等的不同,使得不同类型农户群体的生计脆弱性存在差异。实地调查表明,不同类型农户所面临的内外部风险存在差异,如传统农业主导型、畜牧主导型农户受农业市场波动、农业支出压力等影响较大,而对于非农主导型农户而言,在远离了赖以生存的土地后,其面临生计风险会更大;农户的适应能力也存在差异,如传统农业主导型农户耕地面积、社会关系网络、牲畜资本量等较大/较强,而传统非农型和非农主导型经济收入和经济能力等较高/较强,进而形成农户生计脆弱水平的差异性。

4 讨论与结论

4.1 讨论

4.1.1 可能的创新点 农户生计脆弱性取决于外部自然环境系统、社会系统与农户生计系统间的相互作用,是一个复杂的双向交互过程,涉及要素众多^[15]。因此本文只是尝试性地基于调整的VSD框架建立生计脆弱性评估指标体系,并进行农户生计脆弱性测度工作,测度结果与农户“经验描述”相符;其次利用障碍度模型识别流域致脆因子,通过关联分析,明确因子对脆弱性的影响机制,并进一步总结出石羊河流域农户生计脆弱性致脆机理,丰富和拓展了现有生计脆弱性的研究内容,对未来生计脆弱性评估工作提供一定借鉴价值。

4.1.2 不足与展望 首先,在生计脆弱性研究过程中将样带调查法应用于流域研究相比于选取典型乡镇进行研究更为全面,但也受样带规模、样本点数量等制约,

虽然能揭示流域生计脆弱性的基本规律,但对流域内部特征、过程分析仍然有所不足;其次,生计脆弱性是动态变化的过程,但本文囿于农户调查数据本身特征,缺乏对生计脆弱性时空演变影响因素的揭示,因而对生计脆弱性致脆机理的揭示存在一定局限性。

基于研究结果,未来生计脆弱性研究可以重点关注两个方面:一是运用多种手段,如农户访谈手段和OWA、贝叶斯网络等模型手段,考虑多利益主体及其应对措施,进行脆弱性未来情景模拟,以期为区域农户生计可持续发展提供政策依据;二是收集多个年份数据,研究较长一段时间内区域农户生计脆弱性的时空演变及其影响因素,综合考虑内外部风险和农户生计系统要素的复杂性,从而得出更加科学全面的结论。

4.2 结论

(1) 石羊河流域农户生计脆弱性处于相对较高水平,且呈现“北高南低”的空间格局,并表现出在县城周围区域低值积聚分布的特征。

(2) 不同生计类型农户脆弱性存在显著差异。其中,传统农业主导型农户生计脆弱性指数最高,平均值为0.99;其次为新型农业型农户,平均值为0.80;传统非农型和非农主导型农户生计脆弱性处于中等水平,分别为0.64,0.60;而畜牧主导型农户生计脆弱性最低,为0.49。生计脆弱性表现出随着非农化程度提高而呈现下降的特征。

(3) 耕地缩减面积、生态治理、邻里冲突、农业市场波动和农业支出压力是影响农户暴露度-敏感性的前5位障碍因子,各因子对暴露度-敏感性的影响方式为线性作用;耕地面积、社会关系网络、经济收入、牲畜资本量和劳动力数量是影响农户适应能力的重要因素,各因子对农户适应能力的影响方式以非线性为主,以线性为辅。各因子通过影响农户暴露度-敏感性和适应能力,进一步对农户生计脆弱性产生动态影响。

(4) 暴露度-敏感性是农户生计脆弱的前提条件,其通过阻碍农户生计资本的积累而提高农户致脆水平;农户生计资本要素及其相互作用网络构成农户适应的基础,有效降低了农户生计脆弱性;农户暴露度-敏感性和适应能力形成生计脆弱性动态循环,决定着脆弱性演化路径和方向;而对不同类型农户生计脆弱性进行测度,识别易脆群体,是生计脆弱性研究面向实践的题中之义。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国环境保护部.全国生态脆弱区保护规划纲要(2009—2020年)[EB/OL].[2022-09-11].https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/200910/t20091022_174613.htm.

- Ministry of Environmental Protection, PRC. Outline of national ecological fragile area protection plan (2009—2020)[EB/OL]. [2022-09-11]. https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bwj/200910/t20091022_174613.htm.
- [2] 许尔琪,张红旗.中国生态脆弱区土地可持续利用评价研究[J].中国农业资源与区划,2012,33(3):1-6.
Xu E Q, Zhang H Q. Research on the evaluation of land use sustainability in ecologically fragile region in china [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2012,33(3):1-6.
- [3] 马江浩,陈佳,杨新军,等.土地利用变化对于旱区乡村社会恢复力的影响:以民勤绿洲为例[J].资源科学,2021,43(8):1615-1627.
Ma J H, Chen J, Yang X J, et al. Influence of land use change on rural social resilience in arid areas: Taking the Minqin Oasis as an example[J]. Resources Science, 2021,43(8):1615-1627.
- [4] 李小云,董强,饶小龙,等.农户脆弱性分析方法及其本土化应用[J].中国农村经济,2007(4):32-39.
Li X Y, Dong Q, Rao X L, et al. Analysis method of farmers' vulnerability and its localization application[J]. Chinese Rural Economy, 2007(4):32-39.
- [5] 黄晓军,祁明月,赵凯旭,等.高温影响下西安市人口脆弱性评估及其空间分异[J].地理研究,2021,40(6):1684-1700.
Huang X J, Qi M Y, Zhao K X, et al. Assessment of population vulnerability to heat stress and spatial differentiation in Xi'an[J]. Geographical Research, 2021,40(6):1684-1700.
- [6] Cutter S L, Finch C. Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2008,105(7):2301-2306.
- [7] Füssel H M. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research [J]. Global Environmental Change, 2007,17(2):155-167.
- [8] Huang Y, Li F, Bai X, et al. Comparing vulnerability of coastal communities to land use change: Analytical framework and a case study in China[J]. Environmental Science & Policy, 2012,23:133-143.
- [9] 李博,杨智,苏飞.基于集对分析的大连市人海经济系统脆弱性测度[J].地理研究,2015,34(5):967-976.
Li B, Yang Z, Su F. Measurement of vulnerability in human-sea economic system based on set pair analysis: A case study of Dalian City[J]. Geographical Research, 2015,34(5):967-976.
- [10] 陈佳,杨新军,王子侨,等.乡村旅游社会-生态系统脆弱性及影响机理:基于秦岭景区农户调查数据的分析[J].旅游学刊,2015,30(3):64-75.
Chen J, Yang X J, Wang Z Q, et al. Vulnerability and influence mechanisms of rural tourism socio-ecological systems: A household survey in China's Qinling Mountain Area[J]. Tourism Tribune, 2015,30(3):64-75.
- [11] 童磊,郑珂,苏飞.生计脆弱性概念、分析框架与评价方法[J].地球科学进展,2020,35(2):209-217.
Tong L, Zheng K, Su F. Concept, analytical framework and assessment method of livelihood vulnerability [J]. Advances in Earth Science, 2020,35(2):209-217.
- [12] 吴孔森,刘倩,张戢,等.干旱环境胁迫下民勤绿洲农户生计脆弱性与适应模式[J].经济地理,2019,39(12):157-167.
Wu K S, Liu Q, Zhang J, et al. Farmers' livelihood vulnerability and adaptation model in Minqin Oasis under the arid environment stress[J]. Economic Geography, 2019,39(12):157-167.
- [13] 刘伟,徐洁,黎洁.陕南易地扶贫搬迁农户生计脆弱性研究[J].资源科学,2018,40(10):2002-2014.
Liu W, Xu J, Li J. Livelihood vulnerability of rural households under poverty alleviation relocation in southern Shaanxi, China[J]. Resources Science, 2018,40(10):2002-2014.
- [14] 张钦,赵雪雁,雒丽,等.高寒生态脆弱区气候变化对农户生计的脆弱性影响评价:以甘南高原为例[J].生态学杂志,2016,35(3):781-790.
Zhang Q, Zhao X Y, Luo L, et al. Assessment of the impact of climate change on vulnerability of farmer household's livelihood in an ecologically vulnerable alpine region: Taking Gannan Plateau for example[J]. Chinese Journal of Ecology, 2016,35(3):781-790.
- [15] 阎建忠,喻鸥,吴莹莹,等.青藏高原东部样带农牧民生计脆弱性评估[J].地理科学,2011,31(7):858-867.
Yan J Z, Yu O, Wu Y Y, et al. Livelihood vulnerability assessment of farmers and nomads in eastern ecotone of Tibetan Plateau, China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2011,27(7):858-867.
- [16] 赵雪雁,母方方,何小凤,等.多重压力下重点生态功能区农户生计脆弱性:以甘南黄河水源补给区为例[J].生态学报,2020,40(20):7479-7492.
Zhao X Y, Mu F F, He X F, et al. Livelihood vulnerability of farmers in key ecological function area under multiple stressors: Taking the Yellow River water supply area of Gannan as an example[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020,40(20):7479-7492.
- [17] 张建明.石羊河流域土地利用/土地覆被变化及其环境效应[D].兰州:兰州大学,2007.
Zhang J M. Landuse and Landcover Changes and Their Environmental Effects in Shiyang River Watershed[D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2007.

- 2020,5(4):13-17.
- [22] 吴冲,张雯,向远林,等.分形视角下的陕北黄土高原沟壑区城乡居民点分布特征研究:以无定河流域为例[J].干旱区地理,2017,40(6):1307-1316.
Wu C, Zhang W, Xiang Y L, et al. Distribution of rural settlements in the loess plateau of northern Shaanxi Province from the perspective of fractal theory: A case of the Wuding River Basin[J]. Arid Land Geography, 2017,40(6):1307-1316.
- [23] 杨庆,张凤太,安佑志,等.贵州省旅游扶贫村空间分布特征及影响因素:以国家级乡村旅游扶贫重点村为例[J].水土保持研究,2021,28(6):316-322,329.
Yang Q, Zhang F T, An Y Z, et al. Spatial distribution characteristics and influencing factors of tourism poverty alleviation villages in Guizhou Province: Taking the national key villages for poverty alleviation by rural tourism as an example[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2021,28(6):316-322,329.
- [24] 杨丹丽,孙建伟,刘艳,等.喀斯特山区农村居民点“三生”空间耦合特征分析:以七星关区为例[J].水土保持研究,2022,29(2):337-344.
- Yang D L, Sun J W, Liu Y et al. Analysis on coupling coordination characteristics of production living ecological space in rural settlement in karst mountainous areas: Taking Qixingguan district as an example[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022,29(2):337-344.
- [25] 王晗.人口数量与区域生产能力的关联度分析:以清至民国陕北黄土高原为例[J].苏州大学学报:哲学社会科学版,2018,39(2):182-190.
Wang H. The study on the relationship between population quantity and regional production capacity: Based on the Loess Plateau of Northern Shaanxi from the Qing Dynasty to the Republic of China [J]. Journal of Soochow University: Philosophy & Social Science Edition, 2018,39(2):182-190.
- [26] 胡娟,王刚,刘琴,等.湖北省传统村落的时空演化及类型特征[J].华中师范大学学报:自然科学版,2022,56(1):180-188.
Hu J, Wang G, Liu Q, et al. Temporal-spatial evolution and type characteristic of traditional settlement in Hubei Province[J]. Journal of Central China Normal University: Natural Sciences, 2022,56(1):180-188.
- ~~~~~
- (上接第395页)
- [18] 赵雪雁,刘春芳,王学良,等.干旱区内陆河流域农户生计对生态退化的脆弱性评价:以石羊河中下游为例[J].生态学报,2016,36(13):4141-4151.
Zhao X Y, Liu C F, Wang X L, et al. Assessment of the vulnerability of farmers' livelihoods to ecological degradation in arid regions of a continental river basin: A case study of the middle-lower reaches of the Shiyang River in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016,36(13):4141-4151.
- [19] 杨智谋.惠水县典型村人口—耕地—宅基地演变特征分析[D].贵阳:贵州师范大学,2021.
Yang Z M. Characteristics of Population-cultivated Land-homestead Evolution in Typical Villages of Huishui County[D]. Guiyang: Guizhou Normal University, 2021.
- [20] 梁流涛,曲福田,诸培新,等.不同兼业类型农户的土地利用行为和效率分析:基于经济发达地区的实证研究[J].资源科学,2008,30(10):1525-1532.
Liang L T, Qu F T, Chu P X, et al. Analysis of land use behavior and efficiency of different farm household types[J]. Resources Science, 2008,30(10):1525-1532.
- [21] 鲁大铭,杨新军,石育中,等.黄土高原乡村体制转换与转型发展[J].地理学报,2020,75(2):348-364.
Lu D M, Yang X J, Shi Y Z, et al. Rural regime shifts and transformation development on the Loess Plateau [J]. Acta Geographica Sinica, 2020,75(2):348-364.
- [22] Huang X J, Huang X, He Y B, et al. Assessment of livelihood vulnerability of land-lost farmers in urban fringes: A case study of Xi'an, China [J]. Habitat International, 2017,59:1-9.
- [23] Gallopin G C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity[J]. Global Environmental Change, 2006,16(3):293-303.
- [24] Smit B, Wandel J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability[J]. Global Environmental Change, 2006, 16(3):282-292.
- [25] Polsky C, Neff R, Yarnal B. Building comparable global change vulnerability assessments: The vulnerability scoping diagram[J]. Global Environmental Change, 2007,17(34): 472-485.
- [26] 陆林,鲍捷.基于耗散结构理论的千岛湖旅游地演化过程及机制[J].地理学报,2010,65(6):755-768.
Lu L, Bao J. The course and mechanism of evolution about Qiandao Lake based on the theory of dissipative structure[J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(6): 755-768.
- [27] Department for International Development. Sustainable Livelihoods Guidance Sheets[M]. London: Department for International Development, 1999.