

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2023.04.036.

卫宇曦, 刘小鹏, 冯康利, 等. 宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性及其影响因素[J]. 水土保持研究, 2023, 30(4): 365-372.

WEI Yuxi, LIU Xiaopeng, FENG Kangli, et al. Vulnerability of Social-Ecological System and Its Influencing Factors in the Poverty-Eradication Area in Southern Ningxia[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(4): 365-372.

宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性及其影响因素

卫宇曦¹, 刘小鹏^{1,2}, 冯康利¹, 崔云霞¹, 蒋春梅¹

(1.宁夏大学 地理科学与规划学院, 银川 750021; 2.宁夏乡村振兴战略研究中心, 银川 750021)

摘要: [目的]揭示宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性时空变化趋势,探究其主要驱动因子,进而提出降低系统脆弱性,推动实现脱贫攻坚与乡村振兴有效衔接的对策建议。[方法]基于宁南脱贫地区自然、社会经济及土地利用等数据,从暴露度、敏感性和适应力三个维度构建脆弱性评价体系,借助 VSD 模型开展宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性研究,并地理探测其影响因素。[结果]时序上,脆弱性先降后升,其中暴露度与之一致,敏感性先升后降,适应力不断上升。空间上,脆弱性南升北降且高值区不断向南集中而低值区呈南北分散分布,暴露度南升北降且高值区不断向南集中,敏感性南升北降且始终保持南高北低的态势,适应力南北升降变动较大且高值区趋于收敛。地理探测脆弱性主要受农业产值比重(0.681 7)、平均坡度(0.596 5)、城市化水平(0.591 3)、地方财政性收入(0.568 4)和水资源总量(0.523 6)的影响。[结论]宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性时空分异显著,自然因素和社会经济因素同时起主导作用,应注重自然条件和社会经济条件的双重改善。

关键词: 宁南脱贫地区; 社会-生态系统; 脆弱性; 地理探测器

中图分类号: K902; X24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2023)04-0365-08

Vulnerability of Social-Ecological System and Its Influencing Factors in the Poverty-Eradication Area in Southern Ningxia

WEI Yuxi¹, LIU Xiaopeng^{1,2}, FENG Kangli¹, CUI Yunxia¹, JIANG Chunmei¹

(1.School of Geographical Science and Planning, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2.Ningxia Rural Revitalization Strategy Research Center, Yinchuan 750021, China)

Abstract: [Objective] The aim of this study is to reveal the temporal and spatial trends of the vulnerability of the social-ecological system in the poverty eradication areas in southern Ningxia, explore its main driving factors, and propose countermeasures and suggestions to reduce system vulnerability and promote the effective connection between poverty alleviation and rural revitalization. [Methods] Based on the natural, socio-economic and land use data of the poverty-eradication area in southern Ningxia, the vulnerability evaluation index system was constructed from three dimensions of exposure, sensitivity and adaptability, and the social-ecological system vulnerability study in the poverty-eradication area in southern Ningxia was carried out by using the VSD model, as well as the influence factors were explored by using the geographic detection method. [Results] In the temporal sequence, vulnerability decreased first and then increased, where exposure was consistent with it, sensitivity increased first and then decreased, and adaptability increased continuously. Spatially, vulnerability increased in the south and decreased in the north, and the high value areas kept concentrated in the south while the low value areas distributed in the north and south. Exposure increased in the south and decreased in the north while the high value areas kept concentrated in the south. Sensitivity

收稿日期: 2022-05-17

修回日期: 2022-06-22

资助项目: 国家自然科学基金(41761025, 42071230)

第一作者: 卫宇曦(1994—), 女, 四川雅安人, 硕士研究生, 研究方向为减贫与区域可持续发展。E-mail: Rosie_forever@163.com

通信作者: 刘小鹏(1973—), 男(满族), 宁夏海原人, 博士, 教授, 主要从事减贫与发展、发展地理学研究。E-mail: 2641996568@qq.com

<http://stbcyj.paperonice.org>

increased in the south and decreased in the north and remained high in the south and low in the north. Adaptability fluctuated greatly from north to south and the high value areas tended to converge. The vulnerability of geographical detection was mainly affected by proportion of agricultural output value (0.681 7), average slope (0.596 5), urbanization level (0.591 3), local fiscal income (0.568 4) and total water resources (0.523 6). [Conclusion] There are significant spatial and temporal differences in the vulnerability of social-ecological system in the poverty-eradication area of southern Ningxia, where both natural and socio-economic factors play a dominant role, and the improvement of both natural and socio-economic conditions should be emphasized.

Keywords: poverty-eradication area in southern Ningxia; social-ecological system; vulnerability; geographic detector

2021年2月25日,习近平总书记在全国脱贫攻坚总结表彰大会上宣布:我国脱贫攻坚战取得了全面胜利,现行标准下9 899万农村贫困人口全部脱贫,832个贫困县全部摘帽,12.8万个贫困村全部出列,区域性整体贫困得到解决,完成了消除绝对贫困的艰巨任务,同时要切实做好巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接各项工作^[1]。

宁南地区人地关系地域系统集自然生态脆弱、多民族聚居和欠发达格局交织于一体,地理复杂性特征显著^[2],脱贫后的可持续发展问题仍将面临挑战。从社会-生态系统视角审视其巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接,意义十分重要。

社会-生态系统(social-ecological system, SES)是人类社会与自然生态环境之间相互依赖、复杂适应的耦合系统,时刻受到自身与外界的干扰与驱动^[3]。脆弱性是指系统及其组成部分暴露在灾害、干扰或压力之下的敏感程度和应对能力,是系统所受压力和自身敏感性相互作用的结果^[4-5],暴露度、敏感性和适应力是系统脆弱性的三大核心要素^[6-7]。进入21世纪以来,脆弱性研究受到广泛关注,成为国内外众多学者的研究内容和研究对象,涉及生态学、地理学、经济学、社会学、环境科学、可持续发展科学等诸多领域^[8]。在减贫与区域可持续发展领域,国际上多从人类对环境变化的响应与反馈角度来探讨贫困地区的可持续发展问题^[9-11],形成了可持续生计框架、BBC框架、压力-释放模型(PAR)、地方-风险模型、vulnerability scoping diagram(VSD)框架、人-环境耦合系统模型等人地系统脆弱性研究框架与模型^[12]。国内人地系统脆弱性研究起步较晚,但成果颇丰,学者多基于已有的脆弱性研究框架与模型,定量剖析了包括省市域^[12-14]、县域^[15-18]、乡域^[19-20]、村域等^[21-22]多研究尺度,涉及半干旱地区、旅游地、草原农牧区、山地城市、农村社区等地域单元的社会-生态系统脆弱性时空分异与驱动机理。其中VSD框架在国内脆弱性评估中应用最为

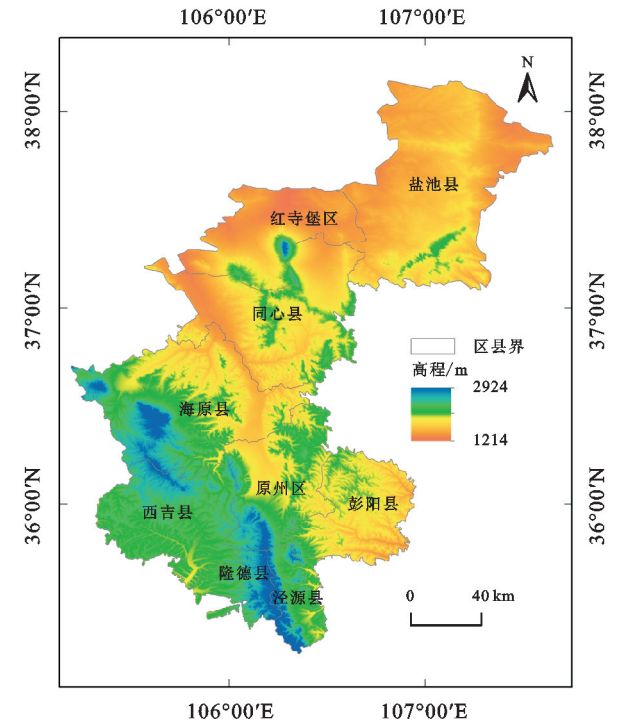
广泛。该框架明确将脆弱性定义为暴露度、敏感性和适应力3个维度,构建不同要素和指标对脆弱性进行综合评价,对于区域尺度多要素、多风险扰动的脆弱性研究贡献较大^[14]。李洁^[13]、王娅^[17]、温晓金^[18]、周苏娥^[23]等正是通过构建VSD模型,定量分析了研究区人地系统脆弱性的空间或时空分异机制。已有研究中不乏将VSD框架与其他研究模型相结合的分析方法^[14,21],VSD框架为社会-生态系统脆弱性研究奠定了坚实的理论基础。

我国“三农”工作重心已由脱贫攻坚转入全面推进乡村振兴。如何巩固拓展脱贫攻坚与乡村振兴的有效衔接,推动脱贫地区可持续发展是亟待研究的重要课题。因此,本文选取宁南脱贫地区为研究区,基于人地关系视角,借助VSD模型构建脆弱性综合评价体系,并结合地理探测器模型,探讨脱贫地区社会-生态系统脆弱性及其影响因素,以期巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接提供决策依据。

1 研究区概况

宁南脱贫地区是六盘山集中连片特殊困难脱贫地区的组成部分(图1),其9个区县、1 100个贫困村于2020年11月全面完成脱贫工作。宁南脱贫地区土地面积 $3.74 \times 10^4 \text{ km}^2$,占宁夏总面积的56%。截至2020年年末,总人口 2.15×10^6 人,占宁夏总人口的30%,其中少数民族人口 1.22×10^6 人,占宁夏少数民族人口的47%。主要地貌类型为山地、丘陵和盆地,气候和水文由半湿润向半干旱和干旱区过渡,植被由森林草原向干草原和荒漠草原过渡,年均温 $6 \sim 10^\circ\text{C}$,年降水量 $200 \sim 600 \text{ mm}$ 。2020年实现地区生产总值 7.24×10^6 万元,是2010年的3.8倍,占宁夏全区生产总值的18.45%,其中第一、二、三产业的产值占比分别为18.12%,28.96%,52.92%。农民的收入以第一产业收入为主,但农业生产整体处于粗放经营状态,农业发展程度低。长期的人口、资源压力

和恶劣的自然环境导致该区社会经济发展缓慢,其社会
经济与资源环境间的矛盾日益加深^[24]。



注:基于标准地图服务系统下载的审图号 NS(2022)第 001 号的标准
地图制作,底图未做修改,下同。

图 1 研究区地理位置

2 研究方法 with 数据

2.1 脆弱性评价体系构建

在 VSD 模型中,脆弱性通常被理解为暴露度、敏感性和适应力的函数^[25]。一般来说,随着暴露度和敏感性的提高,区域的脆弱性会增强;而随着适应力的提高,脆弱性会减小。以科学性、针对性、可操作性和指导性为原则^[26],结合宁南脱贫地区自然和社会
经济环境特征,以准则层、要素层和指标层构建评价体系(表 1)。其中,宁南脱贫地区地处西北内陆腹地,自然环境脆弱,经济欠发达,选取年平均气温、年
降水量、各区县 GDP、人口密度、人均耕地面积、工业
废气排放量以及工业产值比重表征暴露度^[13];选取
水资源总量、归一化植被指数 NDVI、土壤有机碳含
量及平均坡度、城市化水平、农业产值比重、少数民
族比重、死亡率表征敏感性^[13];选取第三产业产值比
重、地方财政性收入、粮食总产量、普通中小学生在
校学生数、每万人卫生机构床位数等表征适应力^[13,18]。

2.2 指标权重计算

运用极差法对数据进行标准化处理后,采用熵权
法计算社会-生态系统脆弱性评价指标的权重系数
(表 1)。

表 1 研究区社会-生态系统脆弱性评价指标体系

准则层	要素层	指标层 1	指标层 2	指标性质	指标权重		
					2010	2015	2020
暴露度	自然因子	气温	年平均气温(X_1)	—	0.035	0.032	0.030
		降水	年降水量(X_2)	+	0.056	0.048	0.073
	人为胁迫	经济增长压力	各区县 GDP(X_3)	+	0.062	0.060	0.039
		人口增长压力	人口密度(X_4)	—	0.038	0.040	0.024
		城市建设扩张	人均耕地面积(X_5)	+	0.067	0.059	0.066
		污染排放	各区县工业废气排放量(X_6)	—	0.027	0.020	0.022
敏感性	自然环境	第二产业发展压力	工业产值比重(X_7)	—	0.034	0.025	0.046
		水资源	水资源总量(X_8)	+	0.085	0.084	0.087
		植被生态系统	归一化植被指数 NDVI(X_9)	+	0.067	0.072	0.066
		土壤	土壤有机碳含量(X_{10})	+	0.033	0.033	0.033
	区域发展	地貌类型	平均坡度(X_{11})	—	0.037	0.038	0.037
		城市化水平	城市化水平(X_{12})	—	0.030	0.036	0.038
适应性	社会经济	经济结构	农业产值比重(X_{13})	+	0.034	0.029	0.036
		文化多元	少数民族比重(X_{14})	+	0.040	0.038	0.039
		人类健康	死亡率(X_{15})	—	0.056	0.059	0.041
		调整产业结构	第三产业产值比重(X_{16})	+	0.056	0.034	0.049
	社会措施	经济总量	地方财政性收入(X_{17})	+	0.079	0.129	0.102
		粮食安全	粮食总产量(X_{18})	+	0.038	0.040	0.040
		教育水平	普通中小学在校学生数(X_{19})	+	0.062	0.061	0.069
		社会保障	每万人卫生机构床位数(X_{20})	+	0.063	0.064	0.064

注: + 表示正向指标, 指标值越大, 评价结果越好, 即脆弱性程度越低; — 表示负向指标, 指标值越大, 评价结果越差, 即脆弱性程度越高。

(1) 基于各指标数据的非零标准化值(Z_{ij}), 计算第 j 项指标下第 i 个研究单元指标值的比重 P_{ij} :

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

(2) 第 j 项指标的熵值(e_j):

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}, k = 1/\ln m \quad (2)$$

(3) 第 j 项指标的差异性系数(g_j):

$$g_j = 1 - e_j \quad (3)$$

(4) 第 j 项指标的权重(W_j):

$$W_j = g_j / \sum_{j=1}^n g_j \quad (4)$$

2.3 社会-生态系统脆弱性评价模型

根据前人研究成果, 借鉴政府间气候变化专门委员会(IPCC)的脆弱性指数计算方法^[27], 构建宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性评价模型:

$$VI = (EI + SI) - AI \quad (5)$$

式中: VI , EI , SI , AI 分别为脆弱性指数、暴露度指数、敏感性指数和适应力指数, 其中 $VI \in (-1, 1)$ 。 EI , SI , AI 的计算过程如下:

$$EI = \sum_{j=1}^7 W_{ej} Z_{ej}; SI = \sum_{j=1}^8 W_{sj} Z_{sj}; AI = \sum_{j=1}^5 W_{aj} Z_{aj} \quad (6)$$

式中: W_{ej} , W_{sj} , W_{aj} 分别为暴露度、敏感性与适应力的指标权重; Z_{ej} , Z_{sj} , Z_{aj} 分别为暴露度、敏感性和适应力指标的非零标准化值。为便于进行时序要素的对比, 在分析脆弱性时空分布特征时, 在 ArcGIS 中结合自然断点与相等间距分级法, 分别将脆弱性指数、暴露度指数、敏感性指数和适应力指数分为低度、较低度、中度、较高度、高度 5 个级别进行分析。

2.4 地理探测器

采用因子探测器及交互探测器对社会-生态系统脆弱性各指标因子的影响力进行探测。因子探测器中的 q 值(值域为 0~1)用来衡量自变量对因变量空间分异性的解释力。当 q 为 0 时, 表示自变量因子与因变量无关; q 为 1 时表示自变量完全控制了因变量的空间分布, q 值越大, 自变量对因变量的解释力越强^[28]。公式为:

$$q = 1 - \frac{1}{N\sigma^2} \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 \quad (7)$$

式中: L 为变量 Y 或因子 X 的分层; N 和 σ^2 分别为研究区内所有样本总数和整个区域的离散方差; N_h 和 σ_h^2 分别为 h 区域的样本数量和离散方差, $h = 1, 2, 3, \dots, n$ 。交互探测器主要用于识别不同影响因子之间的交互作用, 即评估驱动因子共同作用时是否会增强或减弱对因变量的解释力, 或者这些因子对因变量是否独立产生影响^[28]。

2.5 数据来源

社会经济资料主要来源于 2010—2020 年《宁夏统计年鉴》、部门统计公报, 个别年份缺失数据采用相邻年份值插值法补齐, 行政区有变更的沿用原行政区数据订正。气象水文数据来自国家气象科学数据中心(<http://data.cma.cn/>)。土地利用类型数据和 NDVI 数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<https://www.resdc.cn/>)。土壤有机碳含量数据来源于世界土壤数据库(harmonized world soil database, HWSD)。坡度数据来源于地球系统科学数据共享平台(<http://www.geodata.cn/>)。

3 结果与分析

3.1 脆弱性及其要素水平变动趋势

3.1.1 脆弱性水平变动趋势 根据计算结果, 将研究区的社会-生态系统脆弱性分为以下 5 级: 低度脆弱性、较低度脆弱性、中度脆弱性、较高度脆弱性和高度脆弱性(表 2)。研究期间, 宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性指数均值由 2010 年的 0.202 3 下降到 2015 年的 0.188 5, 最终上升到 2020 年的 0.199 7, 呈现出先降低后升高的趋势, 但研究区社会-生态系统始终处于中度脆弱水平。由各脆弱等级所占面积比重(表 3)可知, 较低度及以下脆弱水平上升趋势显著, 面积占比由 2010 年的 32.79% 上升至 2020 年的 56.34%, 上升比例高达 71.82%; 中度脆弱区面积占比不断降低, 由 2010 年的 36.72% 逐渐下降为 2020 年的 0%; 较高度及以上脆弱水平比重呈上升趋势, 面积占比由 2010 年的 30.49% 上升至 2020 年的 43.66%, 上升比例达 43.19%。低脆弱区面积和高脆弱区面积占比皆有上升, 表明研究区面临着发展不平衡不充分的挑战。

表 2 脆弱性及其要素等级划分

项目	低度	较低度	中度	较高度	高度
脆弱性	≤ 0.11	0.11~0.16	0.16~0.21	0.21~0.26	> 0.26
暴露度	≤ 0.09	0.09~0.12	0.12~0.15	0.15~0.18	> 0.18
敏感性	≤ 0.12	0.12~0.15	0.15~0.18	0.18~0.21	> 0.21
适应力	≤ 0.06	0.06~0.10	0.10~0.14	0.14~0.18	> 0.18

表 3 各脆弱等级面积及其比重

年份	类型	低度 脆弱	较低度 脆弱	中度 脆弱	较高度 脆弱	高度 脆弱
2010	面积/km ²	8551.6	3520	1.35×10 ⁴	9778.1	1442.6
	比重/%	23.23	9.56	36.72	26.57	3.92
2015	面积/km ²	1.19×10 ⁴	5666.85	8028.19	1.04×10 ⁴	1442.71
	比重/%	31.77	15.15	21.47	27.75	3.86
2020	面积/km ²	1.19×10 ⁴	9189.94	0	1.16×10 ⁴	4681.11
	比重/%	31.77	24.57	0	31.14	12.52

注: 由于宁南地区行政区划调整, 与 2010 年相比, 2015 年及 2020 年部分区县面积有所变化, 因此不同年份相同区域的面积占比有所不同。

3.1.2 脆弱性要素水平变动趋势 从脆弱性构成要素的水平变动趋势来看,研究区暴露度先降低后升高,敏感性先升高后降低,适应力则呈不断上升趋势。研究期间,宁南脱贫地区社会-生态系统暴露度等级由中度暴露提升为较高暴露;暴露度指数均值由 2010 年的 0.149 3 下降至 2015 年的 0.135 4,最终上升至 2020 年的 0.150 4,表明随着社会经济发展水平的提高,研究区暴露度虽有短暂下降,但粗放经营方式下的乱排乱放导致生态环境遭到破坏,暴露度出现较大回升。敏感性等级无明显变化,始终处于中度敏感等级;敏感性指数均值由 2010 年的 0.162 9 上升至 2015 年的 0.170 7,再回落至 2020 年的 0.169 6,表明随着城市化水平的提高,人类活动对自然环境的影响加深,社会-生态系统敏感性有所提高,但生态水利的建设和植树造林、防沙治沙等生态工程的实施,使得人类应对外界扰动的能力加强,有效抑制了社会-生态系统敏感性的恶化趋势。适应力始终处于中度适应等级,体现在数值上,适应力指数均值由 2010 年的

0.109 9 上升到 2015 年的 0.117 6,最终上升到 2020 年的 0.120 2,优化趋势明显,表明随着产业结构的调整、地方财政收入的提高以及社会公共事业的发展,人类的经济应对力和社会应对力也不断加强。

3.2 脆弱性及其要素空间分异演变特征

3.2.1 脆弱性空间分异演变特征 从脆弱性空间分异演变来看(图 2),研究区脆弱性主要呈南升北降的趋势。北部从 2010 年的 1 个较低度及以下脆弱县域(盐池县)转变为 2020 年的 3 个较低度及以下脆弱县域(盐池县、红寺堡区和同心县),南部由 2010 年的 3 个较高度及以上脆弱县域(西吉县、泾源县和彭阳县)转变为 2020 年的 5 个较高度及以上脆弱县域(海原县、西吉县、隆德县、泾源县和彭阳县),表明研究区社会-生态系统发展处于南北失衡的状态。同时,研究区脆弱性表现出高值区不断向南集中而低值区呈南北分散分布的态势。求得各区县脆弱性多年平均值(图 3),南部的泾源县与西吉县位居前两位,分别为 0.361 1,0.230 4;南部原州区和北部盐池县脆弱性最低,分别为 0.088 5,0.082 1。

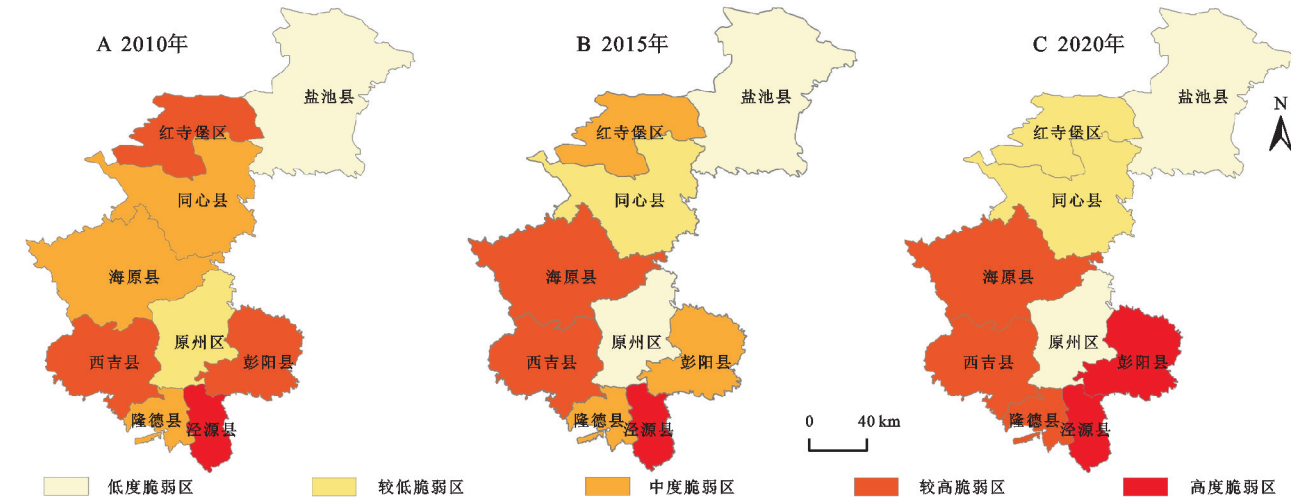


图 2 研究区社会-生态系统脆弱性空间演变特征

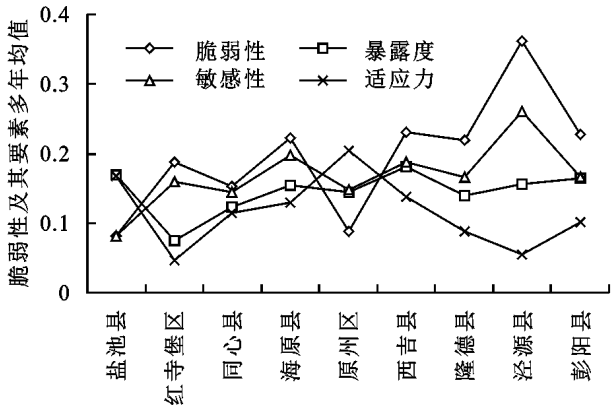


图 3 各区县脆弱性及其要素多年平均值

3.2.2 脆弱性要素空间分异演变特征 从脆弱性要素的空间分异演变来看(图 4),研究区暴露度呈南升北降且高值区不断向南集中的趋势,敏感性南升北

降且始终保持南高北低的态势,适应力南北升降变动较大且高值区趋于收敛。据脆弱性要素多年平均值显示(图 3),暴露度最高的前两位为西吉县(0.180 1)和盐池县(0.168 9),同心县(0.123 4)和红寺堡区(0.075 2)暴露度最低;敏感性最高的前两位为泾源县(0.260 9)和海原县(0.196 8),同心县(0.143 9)和盐池县(0.081 4)敏感性最低;适应力最高的前两位为原州区(0.203 5)和盐池县(0.168 2),最低的后两位为泾源县(0.055 3)和红寺堡区(0.047 3)。由此可知,泾源县主要因其高敏感性和低适应能力、西吉县因其高暴露度而成为高脆弱区,盐池县由于其低敏感性和高适应能力、原州区由于其高适应能力而成为低脆弱区。综合脆弱性要素空间变动趋势,与脆弱性空间变动趋势相吻合。

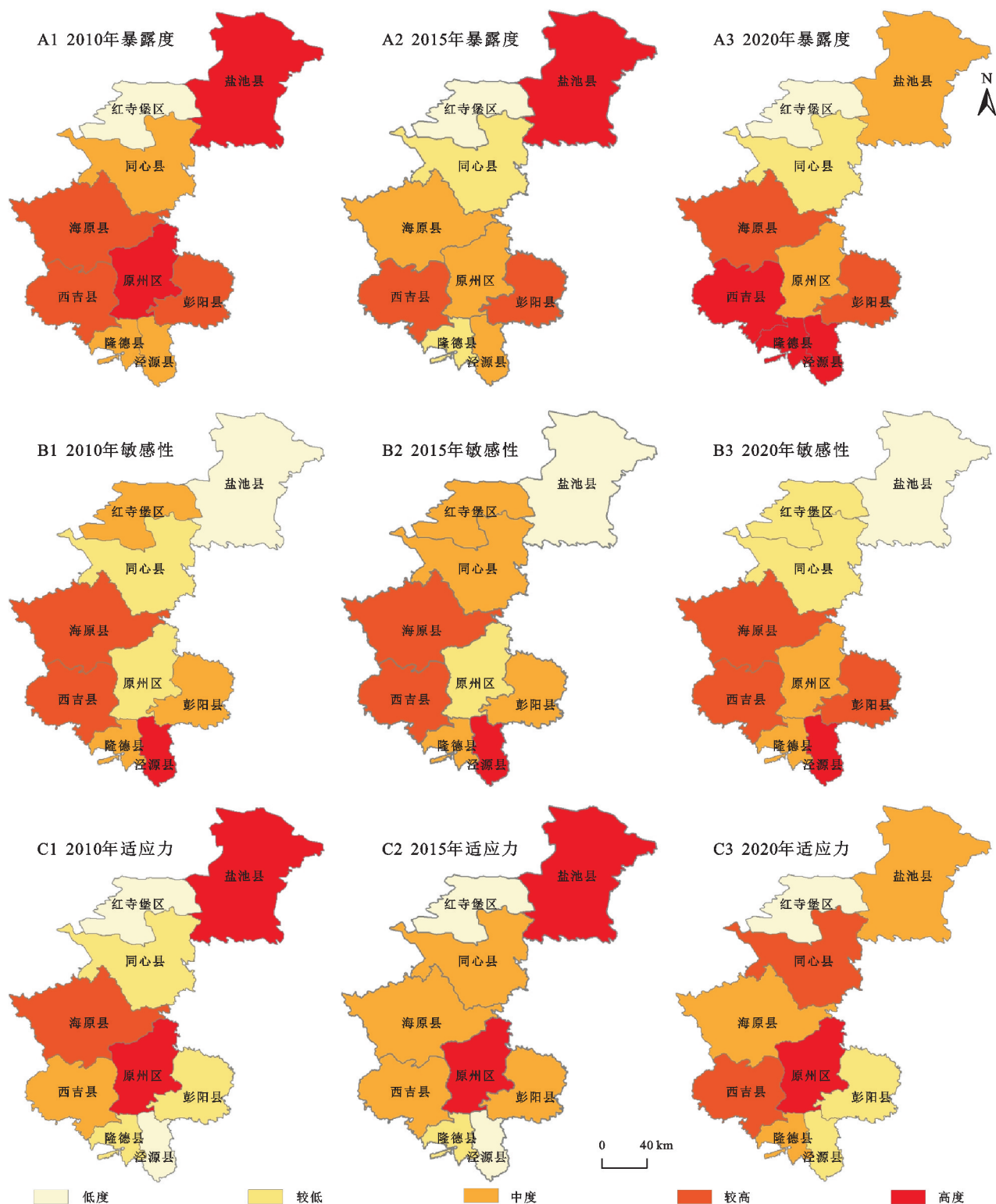


图4 研究区社会-生态系统脆弱性要素空间演变特征

3.3 脆弱性影响因素分析

宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性在空间上呈现出不同的表现力,为探究影响其变化的主要驱动因素,本文以县域社会-生态系统脆弱性为因变量,以20项脆弱性指标因子为自变量,运用地理探测器对各驱动因子的影响程度及因子间的交互作用进行定量分析,探讨宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性空

间分异的主要驱动因子及各因子间的交互作用类型。

因子探测器计算结果显示(表4),2010年、2015年和2020年宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性影响因子解释力最强的前7个因素皆包括农业产值比重、平均坡度、城市化水平、地方财政性收入和水资源总量,其因子探测 q 值的多年均值名列前茅,表明长期以来农业产值比重、平均坡度、城市化水平、地方财政性收入和水资

源总量是影响研究区社会-生态系统脆弱性的主要驱动因素,自然因素和社会经济因素同时对宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性起主导作用。

根据宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性空间分异的驱动因子交互探测结果,每年解释力最强的 7 个因子中,任意两个因子的交互作用均大于单个因子的影响,两两交互的类型皆为双因子增强型,故宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性在空间上的分异是受到不同驱动因子产生交互作用的结果,而非单一因子所决定。其中,2010 年和 2015 年平均坡度和农业产值比重之间的交互作用最强,因子交互探测的 q 值分别达 0.997 2,0.990 2,对宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性空间分布的解释力达 99% 以上;2020 年,年降水量和城市化水平之间的交互作用最强,因子交互探测的 q 值达 0.994 0,对该年宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性空间分布具有最强解释力。上述分析表明,农业产值比重、平均坡度和城市化水平是宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性的关键驱动因子。

表 4 研究区社会-生态系统脆弱性因子探测结果

影响因子	q 值			
	2010 年	2015 年	2020 年	多年均值
X_1	0.2914	0.4225	0.4929	0.4023
X_2	0.4767	0.4531	0.5989	0.5096
X_3	0.3402	0.4515	0.7651	0.5189
X_4	0.6015	0.4800	0.3853	0.4889
X_5	0.3720	0.2817	0.0123	0.2220
X_6	0.2876	0.5815	0.3853	0.4181
X_7	0.4771	0.5669	0.2193	0.4211
X_8	0.5137	0.4902	0.5670	0.5236
X_9	0.3019	0.3184	0.5101	0.3768
X_{10}	0.0738	0.0677	0.0783	0.0732
X_{11}	0.5651	0.5170	0.7075	0.5965
X_{12}	0.5604	0.6544	0.5590	0.5913
X_{13}	0.6228	0.6696	0.7528	0.6817
X_{14}	0.2474	0.2209	0.1630	0.2104
X_{15}	0.0355	0.1159	0.2186	0.1233
X_{16}	0.3362	0.3428	0.0701	0.2497
X_{17}	0.5253	0.6571	0.5227	0.5684
X_{18}	0.0153	0.0553	0.1371	0.0693
X_{19}	0.2769	0.0316	0.2494	0.1860
X_{20}	0.6761	0.4746	0.5181	0.5562

4 讨论与结论

4.1 讨论

“脱贫摘帽不是终点,而是新生活、新奋斗的起点。打赢脱贫攻坚战、全面建成小康社会后,要在巩固拓展脱贫攻坚成果的基础上,做好乡村振兴这篇大文章,接续推进脱贫地区发展和群众生活改善。”^[29]对宁南脱贫

地区社会-生态系统脆弱性进行研究,旨在巩固脱贫成果、实现脱贫攻坚与乡村振兴的有效衔接。一方面,本文基于 SES 理论和 VSD 框架,结合宁南脱贫地区自然和社会经济环境特征构建了脆弱性动态分析模型,为揭示宁南脱贫地区脆弱性时空演变、识别宁南脱贫地区可持续发展主要制约因素提供了理论支撑;另一方面,本文选取宁南脱贫地区为实证研究对象,以县域为基本研究单元,尝试对脱贫地区社会-生态系统脆弱性时空演变特征及其驱动机制进行科学、全面的探索,为巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接提供决策依据。社会-生态系统处于不断发展变化之中,进一步的研究应不断结合新方法,并进行实地调查访谈,开展多尺度的脆弱性动态演化分析。

4.2 结论

(1) 总体来看,宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性先降后升,脆弱性等级长期保持在中度脆弱等级,空间上主要呈南升北降的趋势,且高值区不断向南集中而低值区呈南北分散分布。其中,暴露度先降后升,暴露度等级由中度暴露提升为较高暴露,其空间分布呈南升北降且高值区不断向南集中的趋势;敏感性先升后降,敏感性等级无明显变化,始终处于中度敏感等级,空间上呈南升北降且始终保持南高北低的态势;适应力呈不断上升趋势,其等级保持在中度适应等级,空间上南北升降变动较大且高值区趋于收敛。

(2) 综合地理探测器分析结果表明,不同年份影响当年社会-生态系统脆弱性分布的主要因子有所区别,但农业产值比重、平均坡度、城市化水平、地方财政性收入和水资源总量始终是宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性的主要影响因子,表明自然因素和社会经济因素同时对宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性起主导作用。总结每年解释力最强的 7 个因子的交互作用结果,任意两个因子之间的交互作用对宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性的解释力都要大于单因子自身的解释力,说明该区域的社会-生态系统脆弱性是受多因素共同作用的结果,且农业产值比重、平均坡度和城市化水平是关键影响因素。

基于宁南脱贫地区社会-生态系统脆弱性的主要影响因子分析,本文提出如下对策建议:① 因地制宜发展生态产业和特色农业。平均坡度对研究区社会-生态系统脆弱性的高度影响体现了山地地形对社会经济可持续发展的制约,但同时也应注意到,山区丰富的自然生态资源可为发展生态产业提供坚实的基础;同时,优化农业生产结构,因地制宜发展特色农业,亦能有效降低社会-生态系统脆弱性。② 实施与生态承载力相适应的城市发展政策。城市化的发展扩大了对土地和粮食的需求,向生态要地的问题愈发突出,同时城市系统大量排放的废气、废水、废渣以及

生活垃圾污染严重,这都对研究区社会-生态系统造成严重的破坏。在未来的城市发展规划中,应更加注重生态保护。③ 加大财政投入,推动研究区民生和生态事业发展。宁南脱贫地区社会经济发展缓慢,民生事业和生态事业对财政投入的依赖较大。未来应加大民生领域财政资金投入,坚决兜住民生底线,持续保障和改善民生;同时加大在农村环境整治、水污染治理、饮用水源地保护、环境监测和退耕还林等方面的投入,守好生态底线,推动生态文明建设高质量发展。④ 注重节水技术研发,加快推进重点水利工程建设。研究区水资源总量空间分布极为不均,南部六盘山区水源丰富,北部干旱带水资源匮乏,在研发节水技术的同时,更要注重水利工程建设。宁夏扶贫扬黄灌溉工程自建成以来,在助力脱贫攻坚方面发挥了重大作用,未来应继续推动包括清水河流域城乡供水工程、红寺堡扬水工程、固海扩灌扬水工程等重点水利工程建设,发挥其在促进脱贫攻坚与乡村振兴有效衔接方面的重要作用。

参考文献:

- [1] 习近平.在全国脱贫攻坚总结表彰大会上的讲话[N].人民日报,2021-02-26(2).
- [2] 刘小鹏,马存霞,魏丽,等.黄河上游地区减贫转向与高质量发展[J].资源科学,2020,42(1):197-205.
- [3] 蒋维,王俊,杨新军,等.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[J].人文地理,2011,26(1):56-60.
- [4] Adger W N. Vulnerability[J]. Global Environmental Change, 2006,16(3):268-281.
- [5] 赵志荣,许端阳,张绪教,等.2000—2015年内蒙古地区土地沙漠化脆弱性评估[J].水土保持研究,2020,27(1):168-175.
- [6] Turner B L, Kasperson R E, Matson P A, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science[J]. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2003,100(14):8074-8079.
- [7] Roberts M G,杨国安.可持续发展研究方法国际进展:脆弱性分析方法与可持续生计方法比较[J].地理科学进展,2003,22(1):11-21.
- [8] 孔伟,任亮,刘璐,等.京津冀生态涵养区旅游地社会-经济-生态系统脆弱性特征及其影响因素[J].水土保持通报,2020,40(4):211-218.
- [9] 马学成,巩杰,柳冬青,等.社会生态系统研究态势:文献计量分析视角[J].地球科学进展,2018,33(4):435-444.
- [10] Pandey R, Bardsley D K. Social-ecological vulnerability to climate change in the Nepali Himalaya[J]. Applied Geography, 2015,64:74-86.
- [11] Hagenlocher M, Renaud F G, Haas S, et al. Vulnerability and risk of deltaic social-ecological systems exposed to multiple hazards[J]. Science of the Total Environment, 2018, 631/632:71-80.
- [12] 刘凯,任建兰,张宝雷.黄河三角洲人地系统脆弱性演化特征及其影响因素[J].经济地理,2019,39(6):198-204.
- [13] 李洁,赵锐锋,谢作轮.甘肃省区域社会-生态系统脆弱性综合评价[J].经济地理,2015,35(12):168-175.
- [14] 陈佳,杨新军,尹莎,等.基于 VSD 框架的半干旱地区社会-生态系统脆弱性演化与模拟[J].地理学报,2016, 71(7):1172-1188.
- [15] 王群,银马华,杨兴柱,等.大别山贫困区旅游地社会-生态系统脆弱性时空演变与影响机理[J].地理学报, 2019,74(8):1663-1679.
- [16] 王林峰,张平宇,李鹤,等.东北西部农牧交错带社会生态系统脆弱性[J].中国科学院大学学报,2018,35(3): 345-352.
- [17] 王娅,杨国靖,周立华.祁连山北麓牧区社会-生态系统脆弱性诊断:以甘肃肃南裕固族自治县为例[J].冰川冻土,2021,43(2):370-380.
- [18] 温晓金,杨新军,王子侨.多适应目标下的山地城市社会-生态系统脆弱性评价[J].地理研究,2016,35(2): 299-312.
- [19] 杨新军,张慧,王子侨.基于情景分析的西北农村社会-生态系统脆弱性研究:以榆中县中连川乡为例[J].地理科学,2015,35(8):952-959.
- [20] 燕玲玲,高秉丽,徐彩仙,等.半干旱黄土丘陵区县域社会生态系统脆弱性时空变化及其影响因素:以定西市安定区为例[J].水土保持研究,2020,27(5):373-380,388.
- [21] 常丽博,骆耀峰,刘金龙.哈尼族社会-生态系统对气候变化的脆弱性评估:以云南省红河州哈尼族农村社区为例[J].资源科学,2018,40(9):1787-1799.
- [22] 贾焱焱,胡静,谢双玉,等.贫困山区旅游地社会:生态系统脆弱性及影响机理[J].人文地理,2021,36(1):155-164.
- [23] 周苏娥,张明军,王圣杰,等.甘肃省河西地区自然-社会系统脆弱性评价[J].资源科学,2018,40(2):452-462.
- [24] 郝梦露,彭守璋.宁南山区生态环境与社会经济的耦合协调发展[J].水土保持通报,2021,41(5):319-326,372.
- [25] 陈萍,陈晓玲.全球环境变化下人-环境耦合系统的脆弱性研究综述[J].地理科学进展,2010,29(4):454-462.
- [26] 田亚平,向清成,王鹏.区域人地耦合系统脆弱性及其评价指标体系[J].地理研究,2013,32(1):55-63.
- [27] Barros V, Stocker T F. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the intergovernmental panel on climate change[J]. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 2012,18(6):586-599.
- [28] 王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报,2017,72(1):116-134.
- [29] 中共中央国务院.中共中央国务院关于实现巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接的意见[N].人民日报,2021-03-23(1).