

柳建玲, 李胜鹏, 范胜龙. 脱贫期间诏安县土地生态安全时空演化[J]. 生态科学, 2021, 40(4): 130-138.

LIU Jianling, LI Shengpeng, FAN Shenglong. Spatiotemporal evolution of land ecological security in Zhao'an County during poverty alleviation[J]. Ecological Science, 2021, 40(4): 130-138.

脱贫期间诏安县土地生态安全时空演化

柳建玲, 李胜鹏, 范胜龙*

福建农林大学公共管理学院, 福州 350002

【摘要】区域脱贫攻坚期间土地利用结构、方式等变化对土地生态安全具有重要影响。选取福建省诏安县为研究区域,借助空间主成分分析法对诏安县2014和2017年的土地生态安全状态进行评价,利用空间自相关分析、**地理探测器识别诏安县土地生态安全时空演化特征和驱动因素**。结果表明:(1)2014—2017年诏安县土地生态安全等级较高(IV级、V级)的土地面积呈减少趋势,减少了约33.41%;(2)2014与2017年诏安县土地生态安全空间均表现为正向相关性、集聚分布状态,并呈现由南向北递增、由中向东西部递减的趋势;(3)人为因素是诏安县脱贫攻坚期间土地生态安全状态变化的主导因素。研究认为,诏安县土地总体为生态安全状态,但仍有部分土地生态安全等级降低,区域不安全土地聚集效应显著。建议加强区域土地生态安全协调治理,坚持扶贫开发与生态保护并重,做好脱贫攻坚与乡村振兴相衔接的生态保护修复。

关键词: 脱贫期间; 土地生态安全评价; 空间自相关; **地理探测器**; 转移矩阵

doi:10.14108/j.cnki.1008-8873.2021.04.015 中图分类号: X826, F301.24 文献标识码: A 文章编号: 1008-8873(2021)04-130-09

Spatiotemporal evolution of land ecological security in Zhao'an County during poverty alleviation

LIU Jianling, LI Shengpeng, FAN Shenglong*

College of Public Administration, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

Abstract: Changes in land use structure and methods during regional poverty alleviation have significant influence on land ecological security. Zhao'an County, Fujian Province was selected as the study area. The land ecological security status of Zhao'an County in 2014 and 2017 was evaluated by means of spatial principal component analysis. The spatial and temporal evolution characteristics and drivers of land ecological security in Zhao'an County were identified through the methods of using spatial autocorrelation analysis and geographic detectors factor. The results showed are as follows. (1)The land area of higher ecological security (IV and V) in Zhao'an County presented a decreasing trend from 2014 to 2017 with a decrease of about 33.41%. (2) The spaces of ecological safety of land demonstrated a positive correlation, agglomeration and distribution, and showed a trend of increasing from south to north and decreasing from middle to east and west in Zhao'an County in 2014 and 2017. (3) Human factors were the main factors that changed the state of land ecological security during the poverty alleviation period in Zhao'an County. According to the research, the land was generally in an ecologically safe state in Zhao'an County, but the ecological safety level of some land was reduced, and the regional unsafe land accumulation effect was significant. It is recommended to strengthen the coordinated governance of regional land ecological security, adhere to the equal emphasis on poverty alleviation and development and ecological protection, and make a great effort to achieve ecological protection and restoration in related to poverty alleviation and rural rejuvenation.

Key words: the period of poverty alleviation; land ecological security assessment; spatial autocorrelation; geo-detector; transfer matrix

收稿日期: 2020-02-14; 修订日期: 2020-03-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671173, 41271191)

作者简介: 柳建玲(1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为土地资源可持续利用, E-mail: ljyilia@qq.com

*通信作者: 范胜龙(1976—), 男, 博士, 教授, 研究方向为土地资源可持续利用, E-mail: fsl@fafu.edu.cn

0 前言

国土是生态文明建设的空间载体, 土地生态安全是生态文明建设重要组成部分, 也是土地资源可持续利用、社会经济可持续发展的必要保障。土地生态安全广受国内外学者关注, 国外相关研究有: 一是 Aldo Leopold 提出的土地健康等诊断框架^[1-2], 为土地生态安全评价研究奠定基础^[3]; 二是基于 PSR 模型^[4]、DPSIR 模型^[5]等构建指标体系作土地生态相关评价。国内相关评价研究主要有: 一是生态环境安全对土地利用变化的响应分析^[6-8]; 二是评价生态安全—社会经济发展的相互影响, 即基于 PSR、NES 等衍生模型构建指标, 利用 AHP、熵权法等确定权重后结合数学模型、生态模型或 3S 技术进行评价, 并运用回归方法分析驱动因素^[9-13]。但研究存在以下不足: 一是模型框架下构建指标与确权过程中因子相关性较强且相互干扰, 对评价结果干扰较大; 二是多用 Logistic 模型等数学模型进行回归分析确定驱动因素, 较难体现土地生态安全变化的非线性过程; 三是目前较少关注土地生态安全在脱贫攻坚等时期的时空动态演变过程。

习近平总书记曾指出“绝不以牺牲环境换取一时的经济增长”, 因此, 要坚持扶贫开发与生态保护并重, 保障土地生态安全与可持续利用。福建省漳州市诏安县在 2013 年被列为福建省 23 个扶贫开发工作重点县之一, 在脱贫攻坚期间积极推动青梅等“特色产业扶贫”等工程发展, 成效显著, 于 2018 年被评为“中国十佳脱贫攻坚与精准扶贫示范县”。但诏安县土地利用结构、植被覆盖度等生态要素特征在此过程中发生变化, 存在土地生态系统单一化发展等问题, 不利于区域社会经济的高质量可持续发展。因此, 研究分析诏安县在脱贫攻坚过程中土地生态安全的时空演变特征及驱动因素, 对实现区域脱贫攻坚与土地生态安全有机结合、推动诏安县社会经济可持续发展具有重要意义。

基于此, 利用空间主成分分析法对诏安县 2014 与 2017 年的土地生态安全状况进行评价, 借助空间自相关分析、地理探测器探讨诏安县脱贫攻坚过程中土地生态安全时空格局及其驱动因素的演变, 以期为土地生态保护、国土空间生态修复提供参考, 并为乡村振兴生态宜居建设提供风险防范预警。



图 1 研究区域

Figure 1 Research area

1 材料与方 法

1.1 研究区域概况

诏安县地处福建省最南端, 整体地势由西北向东南倾斜。该区为亚热带季风气候, 适合发展亚热带的农、林、牧、副、渔等产业, 是福建省农业大县之一。2014 年启动以青梅、八仙茶、富硒等产业为主导的脱贫攻坚工作, 2013 年末至 2017 年末, 诏安县新增茶树种植面积 20648 亩, 新增青梅种植面积 4145 亩。

1.2 数据来源及预处理

(1)土地利用结构: 参照《土地利用现状分类标准 (GB/T 21010—2007)》^[14], 利用 ENVI5.3 对遥感影像预处理后进行监督分类, 提取诏安县的土地利用结构数据。影像数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>), 具体为 2014 年 12 月与 2017 年 10 月两幅空间分辨率为 30m 的 Landsat-8 影像。土地利用类型包括耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地六类, 数据处理、分类后两个年度总体土地利用分类精度均超过 87%、Kappa 系数均超过 0.85, 达到分类精度要求, 基本满足县域尺度土地利用研究。

(2)土地生态数据: 利用 2015 和 2018 年《诏安县统计年鉴》整理计算 2014 与 2017 年诏安县各乡镇农药使用量、化肥使用量与造林面积等。

(3)其他数据: 道路交通与居民点布局数据来源于诏安县原国土资源局。

1.3 研究方法

1.3.1 评价指标的确定与量化

基于诏安县生态环境的独特性及其在脱贫攻坚过程中主导产业所表征的土地生态系统中存在的自身潜在风险、人为干扰风险、土地利用强度风险等, 构建诏安县土地生态安全评价指标体系, 各指标及量化计算如表 1, 用极差标准化公式^[15]对各指标进行初处理, 公式如下。

(1)正向标准化公式:

$$N_j = \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (\text{式 1})$$

(1)逆向标准化公式:

$$N_i = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (\text{式 2})$$

式中: N_j 与 N_i 均为指标的标准化值, X_j 与 X_i 为指标

的初始值, X_{\max} 是指标的最大值, X_{\min} 是指标的最小值。

1.3.2 空间主成分分析法

采用空间主成分分析法计算各指标的方差贡献率, 以方差贡献率为指标权重, 避免评价趋于主观性, 计算公式如式 3^[20]。

$$ESI = \sum_{j=1}^m P_{ij} W_j \quad (\text{式 3})$$

式中, ESI 为第 i 个评价单元的生态安全指数; m 为主成分因子个数; P_{ij} 为第 i 个单元的第 j 个指标; W_j 为各指标的权重。

1.3.3 土地生态安全评价等级

根据研究区域实际情况, 参考相关文献的研究结果^[21-23], 将研究区域土地生态安全分成五级, 具体划分等级及标准如表 2。

1.3.4 空间自相关分析

空间自相关分析是空间数据常用的分析方法之一^[24], 本文运用其探究研究区土地生态安全空间分

表 1 土地生态安全评价指标体系

Table 1 Standardization of land ecological security evaluation indicators

评价指标	计算	标准化
土壤侵蚀量(C1)	赋值 ^[16]	逆向标准化
单位农药量(C2)	Arcgis10.4 赋值	逆向标准化
单位化肥量(C3)	Arcgis10.4 赋值	逆向标准化
植被覆盖度(C4)	$VFC = \frac{NDVI - NDVI_{\text{soil}}}{NDVI_{\text{veg}} - NDVI_{\text{soil}}}$ ^[17]	正向标准化
土地利用程度(C5)	$La = 100 * \sum_{i=1}^n A_i * C_i$ ^[17-19] $La \in 100, 400$	逆向标准化
造林面积(C6)	赋值	正向标准化
距道路距离(C7)	Arcgis10.4 欧式距离工具	正向标准化
距居民点距离(C8)	Arcgis10.4 欧式距离工具	正向标准化

表 2 诏安县土地生态安全评价分级

Table 2 Grading of land ecological safety assessment in Zhao'an

分值	等级	状态
≤0.3	I	土地生态风险, 土地生态系统受到严重破坏, 生态系统的结构和功能基本被破坏, 基本无植被覆盖, 土地生态环境问题呈现恶化趋势。
0.3—0.45	II	土地生态敏感, 受到土地生态系统外的开发与破坏较大, 植被覆盖度较小, 土地生态问题较多, 自我修复能力较差, 所需时间较长, 需外力助力恢复。
0.45—0.6	III	土地生态较安全, 土地受到外界的干扰和破坏小, 土地生态系统结构与功能基本完善, 受到人类社会活动影响, 土地生态恢复能力一般。
0.6—0.7	IV	土地生态安全, 土地植被覆盖度较大, 土地生态环境问题较少, 受人类活动影响程度较小, 土地生态系统自我调节能力与恢复良好。
≥0.7	V	土地生态安全状况良好, 土地植被覆盖度大, 很少受到外力的影响、破坏、侵蚀、污染, 生态系统有极强的自我修复与调节能力。

布、变化特征。

(1)全局空间自相关分析

全局空间自相关能够统计和评价空间数据的相关性^[25], 用 Global Moran's *I* 衡量全局空间集聚特征, 计算公示如式 4。

$$\text{Global Moran's } I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{式 } 4)$$

式中: *n* 为研究区内总栅格数量; x_i 为第 *i* 个评价单元的土地生态安全指数; \bar{x} 为研究区域内平均土地生态安全指数; w_{ij} 为二进制的临近空间权重矩阵。

(2)局部空间自相关

通过局部自相关分析土地生态安全的局部空间相关性与异质性, 用 Local Moran's *I* 指数衡量, 计算公式如式 5。

$$\text{Local Moran's } I = \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n x_j^2 \right) / (n-1) - \bar{x}^2} \right) \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (\text{式 } 5)$$

式中, *n* 指栅格总数, x_i 指第 *i* 各评价单元的土地生态

安全指数, \bar{x} 指土地生态安全指数的平均值, w_{ij} 为二进制的临近空间权重矩阵。

通过阅读相关文献^[23], 可将研究区域内的土地生态安全的分布类型分为以下 4 种 (表 3)。

1.3.5 地理探测器

地理探测器能够实现空间分层性(SSH)和进行空间归因^[27], 也可探测因子间的相互交叉作用。若某个指标与土地生态安全呈现空间布局一致性, 则说明该指标对于土地生态安全具有较强的因果关系, 具体模型^[26]如下。

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (\text{式 } 6)$$

式中: *L* 为指标的数量; N_h 和 *N* 分别为层数和乡镇个数; σ_h^2 和 σ^2 分别为方差。

2 结果与分析

2.1 诏安县土地生态安全评价结果

根据主成分分析法计算结果(表 4), 2014 与 2017 年均选取前 5 个主成分, 累计贡献率分别为 90.51%、91.68%, 能够确切表征研究区域土地生态安全格局的构成。

表 3 土地生态安全空间分布类型

Table 3 Spatial distribution types of land ecological security

类型	特征
高-高型(HH 型)	区域内土地生态安全等级较高, 空间分布特征的差异性较小, 区域内部与周边的土地生态安全等级变化不明显, 区域内与区域周边土地生态都为安全状态。
高-低型(HL 型)	区域内土地生态安全等级较高, 但空间分布特征差异性较大, 区域内与周边土地生态安全等级变化较大, 周围土地生态安全等级较低。
低-低型(LL 型)	区域内土地生态安全等级较低, 空间分布特征的差异性较小, 周边区域土地的生态安全等级同样较小, 区域内外土地生态安全等级均较低。
低-高型(LH 型)	区域内土地生态安全等级较低, 但区域周边土地生态安全等级较高, 区域土地生态安全等级空间分布特征差异较大。

表 4 2014 与 2017 年诏安县土地生态安全主成分特征值与贡献率

Table 4 Land ecological security principal component eigenvalues and contribution rate in 2014 and 2017 in Zhao'an

主成分	特征值		方差贡献率/%		累计贡献率/%	
	2014	2017	2014	2017	2014	2017
1	0.0783	0.1172	44.08	48.19	44.08	48.19
2	0.0343	0.0394	19.31	16.17	63.39	64.36
3	0.0207	0.0295	11.67	12.11	75.06	76.48
4	0.0176	0.0220	9.92	9.04	84.98	85.51
5	0.0098	0.0150	5.53	6.16	90.51	91.68
6	0.0071	0.0105	4.01	4.31	94.52	95.98
7	0.0052	0.0052	2.90	2.13	97.42	98.12
8	0.0046	0.0046	2.58	1.88	100.00	100.00

利用表 4 中各因子的方差贡献率作为各主成分影响因子对土地生态安全影响权重, 基于式 3 计算诏安县各单元生态安全综合指数, 依据划分标准(表 2), 结合 Arcgis10.4 自然断点法划分诏安县各单元土地生态安评价等级。

如表 5, 2014 年诏安县土地生态安全等级为 III—V 级的土地面积占总面积 88.74%, 即土地生态安全总体为安全状态。其中: 全县 I、II 级土地面积仅占 11.2%, 且在各乡镇分布较为平均; 秀篆镇、太平镇和官陂镇的 III—V 级面积比例较大, 在 11% 左右; IV 和 V 级土地生态安全比例分别为 21.8% 和 55.2%。由土地生态安全等级空间分布图可知, 沿海滩涂、流域周边土地、城镇建设用地的生态安全等级较低。诏安县整体土地生态安全布局特征为中西部、东部、南部地区土地生态安全等级较低, 余下地区土地生态安全状况良好。

如表 6, 2017 年诏安县土地生态安全较 2014 年相比发生明显变化。生态不安全土地(I、II 级)占总面积 21.03%, 增加 15.01%, 除西潭镇外, 各个乡镇的生态不安全土地(I、II 级)均在增加。桥东镇、西潭镇及四都镇等明显增加, 西潭镇的生态不安全土地(I、II 级)面积减少比例约为 2%。III 级生态较安全土地增加了 305.37 km², IV 级与 V 级生态安全土地共减少 431.3 km², 但诏安县土地生态安全土地面积(III—V

级)占总面积 78.97%, 相较于 2014 年, III—V 级土地生态安全的面积比例下降了约 10%。由图 2 右可见土地生态安全布局总体呈南北分异, 沿海滩涂、水域水系沿岸、建设用地仍为生态不安全区域, 果园、沿海滩涂、采矿用地、裸地等生态安全状况同样较差。

利用 Arcgis10.4 作评价等级转移矩阵^[27](表 7), 分析 2014—2017 年土地生态安全变化情况。据表 7 可知, 2014—2017 年土地生态安全等级由低等级向高等级转变的面积共 70.9011km², 其中转向 III 级(较安全)以上级别的面积有 63.5607km²; 土地生态安全等级由高等级向低等级转变的面积共有 738.5841km², 其中转向 III 级(较安全)以上级别的面积有 559.4976km²。诏安县的大部分土地仍处于 III 级(较安全)以上级别, 在 2014—2017 年间土地生态安全并未发生较大程度的损害。

2.2 诏安县土地生态安全空间集聚特征

2.2.1 全局自相关

选择 30 m 的空间尺度分析诏安县土地生态安全指数的空间自相关效应, 计算得出 2014 年 Global Moran's *I* 指数为 0.84, 正态分布检验 *Z* 值为 1141.9, 2017 年 Global Moran's *I* 指数为 0.83, 正态分布检验 *Z* 值为 1001.54。两个年份的生态安全指数在空间整体上具有较强的正相关性, 且土地生态安全的空间集聚性基本稳定。

表 5 2014 年不同土地生态安全等级面积统计

Table 5 Area statistics of different land ecological security levels in 2014

乡镇	I		II		III		IV		V	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
秀篆镇	1.3041	0.1010	1.0980	0.0850	2.4903	0.1929	10.3176	0.7990	122.5152	9.4881
四都镇	17.2260	1.3340	6.1659	0.4775	18.6831	1.4469	28.9809	2.2444	32.0652	2.4833
梅岭乡	10.4094	0.8061	0.8334	0.0645	6.7014	0.5190	7.6914	0.5957	10.1124	0.7831
南诏镇	5.3325	0.4130	0.5643	0.0437	2.1276	0.1648	1.2105	0.0937	0.0459	0.0036
红星乡	2.9862	0.2313	2.6424	0.2046	9.8838	0.7654	28.4337	2.2020	85.5783	6.6275
霞葛镇	2.2419	0.1736	0.6534	0.0506	2.7603	0.2138	8.3106	0.6436	66.4425	5.1456
深桥镇	7.2405	0.5607	1.3968	0.1082	6.8895	0.5336	21.6081	1.6734	53.4735	4.1412
太平镇	3.2238	0.2497	3.3597	0.2602	33.9912	2.6324	81.4401	6.3070	26.3547	2.0410
官陂镇	2.2104	0.1712	1.2060	0.0934	4.8006	0.3718	16.1883	1.2537	124.6797	9.6557
金星乡	7.2810	0.5639	3.8250	0.2962	5.0661	0.3923	5.0661	0.3923	63.0297	4.8813
白洋乡	5.4216	0.4199	29.2725	2.2670	18.5004	1.4327	0.0711	0.0055	0.0900	0.0070
西潭镇	4.6971	0.3638	1.3338	0.1033	10.9107	0.8450	22.6872	1.7570	26.6868	2.0667
建设乡	0.9675	0.0749	0.6039	0.0468	4.2813	0.3316	13.6584	1.0578	27.5544	2.1339
梅洲乡	3.2292	0.2501	0.8595	0.0666	7.0560	0.5464	14.8779	1.1522	23.2776	1.8027
桥东镇	16.1703	1.2523	1.6650	0.1289	16.7562	1.2977	21.5676	1.6703	50.9211	3.9435
合计	89.9415	6.9654	55.4796	4.2966	150.8985	11.6862	282.1095	21.8477	712.8270	55.2042

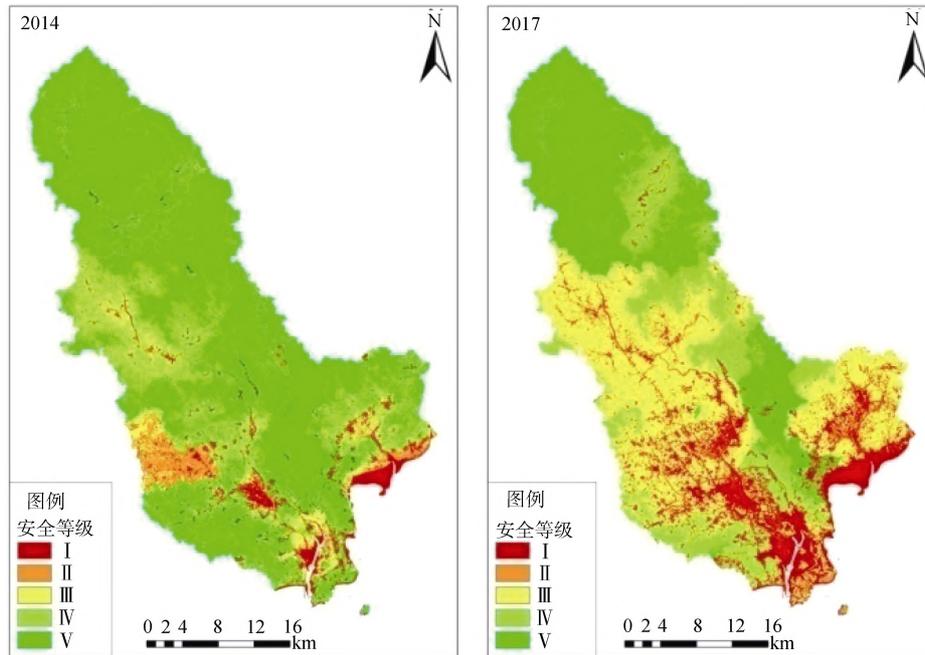


图 2 2014 与 2017 年诏安县土地生态安全等级分布图

Figure 2 Map of land ecological security level in Zhao'an in 2014 and 2017

表 6 2017 年不同土地生态安全等级面积统计

Table 6 Area statistics of different land ecological security levels in 2017

乡镇	I		II		III		IV		V	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
秀篆镇	0.3645	0.0282	4.5423	0.3517	1.4175	0.1098	7.3620	0.5701	124.0479	9.6052
四都镇	29.9484	2.3190	8.0019	0.6196	54.3924	4.2117	10.6506	0.8247	0.1449	0.0112
梅岭乡	20.6541	1.5993	2.9250	0.2265	9.6336	0.7459	2.5092	0.1943	0.0333	0.0026
南诏镇	6.6618	0.5158	1.8603	0.1440	0.7605	0.0589	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
红星乡	4.1661	0.3226	9.6210	0.7450	59.7924	4.6298	55.9107	4.3293	0.0288	0.0022
霞葛镇	0.4041	0.0313	5.6682	0.4389	1.0881	0.0843	1.2438	0.0963	72.0054	5.5755
深桥镇	20.0943	1.5559	2.6001	0.2013	40.8951	3.1666	27.0531	2.0948	0.0144	0.0011
太平镇	5.5899	0.4328	13.3479	1.0335	117.1440	9.0706	12.2958	0.9521	0.0576	0.0045
官陂镇	3.1239	0.2419	6.1065	0.4728	5.8410	0.4523	57.4263	4.4466	76.5828	5.9299
金星乡	11.7009	0.9060	8.0748	0.6252	1.9161	0.1484	7.2630	0.5624	55.3266	4.2840
白洋乡	9.2385	0.7154	2.1195	0.1641	34.9695	2.7077	7.0389	0.5450	0.0000	0.0000
西潭镇	19.4580	1.5067	5.4396	0.4212	41.1984	3.1901	0.1908	0.0148	0.0144	0.0011
建设乡	3.9006	0.3020	3.5307	0.2734	38.7108	2.9974	0.9306	0.0721	0.0018	0.0001
梅洲乡	8.9874	0.6959	8.0955	0.6268	32.2191	2.4948	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
桥东镇	40.5540	3.1402	4.7790	0.3700	16.2900	1.2614	42.5268	3.2929	2.9763	0.2305
合计	184.8465	14.3130	86.7123	6.7143	456.2685	35.3296	232.4016	17.9952	331.2342	25.6480

表 7 2014—2017 土地生态安全等级转移矩阵(km²)Table 7 Land ecological security level transfer matrix (km²) from 2014 to 2017

2014 年/2017 年	I	II	III	IV	V
I	76.9050	7.3404	4.0833	0.9792	0.6336
II	16.0803	8.2161	26.8650	2.4984	1.8198
III	51.4755	26.9757	58.6746	10.3500	3.4227
IV	27.0288	27.9630	188.5977	25.6113	12.9087
V	13.3659	16.1973	177.9858	192.9141	312.3639

2.2.2 局部自相关

表 8 统计显示, 2014—2017 年诏安县土地生态安全区 HH 型面积呈增加趋势, LH 型面积呈缩减趋势; 土地生态风险区 LL 型与 HL 型的土地面积占比呈微小幅度减少趋势, 但基本没有变化。从 LISA 图(图 3)可见, 2014 年诏安县土地生态安全空间格局中面积占比较高的聚类是 HH 型, 比例为 22.31%, 主要分布在县域北部与中东部, 西南部有零星高 HH 型聚类; 其次为 LL 型占 14.08%, 主要分布在东南沿海、南部沿海与西南部等土地生态安全较低地区, 受经济活动影响较大。2017 年 LISA 图显示诏安县土地生态安全空间分布格局中 HH 型聚类相较 2014 年更加集中, 仍集中于北部山区与中东部亚湖水库周边与红星乡山区等植被覆盖度较高区域; 西南部 LL 型聚类由 2014 年聚集演化成 2017 年聚集程度不显著。综上, 2014—2017 年诏安县土地生态安全连片聚集特征较明显, 主要集聚连片区分布在北部的秀篆镇、霞葛镇和官陂镇、中部的九侯山和湖内林场地区以及南部的沿海地区。

2.3 土地生态安全空间分异性探究结果

根据诏安县实际情况和地理探测器法的使用规范, 本文建立 500 m 的格网, 提取出每个格网中对应的生态安全指数和影响因子, 利用地理探测器探

测结果如下。

2014 年单因子探测结果如表 9, 根据 q 值判断 2014 年土地生态安全主导影响因素为植被覆盖度(C4)、单位农药量(C2)、土地利用程度(C5), 解释力分别为 53.9%、30.74%和 20.27%, 其中植被覆盖度(C4)是 2014 年土地生态安全空间分异的主导因素。通过比较交互因子作用, 发现单位化肥量(C3)∩单位农药量(C2)、植被覆盖度(C4)∩单位化肥量(C3)以及植被覆盖度(C4)∩单位化肥量(C3)的交互作用的程度比较强, q 值均在 75%以上, 交互因子之间的协调增强作用较为显著。

2017 年因子探测结果如表 10, 主导影响因素为单位化肥量(C3)、单位农药量(C2)、植被覆盖度(C4), 解释力分别为 78.87%、70.19%以及 64.84%。2017 年土地生态安全空间分异主导因素是单位化肥量和单位农药量, 解释力均超过了 70%, 从交互作用看, 单位化肥量(C3)∩造林面积(C6)、土地利用程度(C5)∩单位化肥量(C3)以及单位农药量(C2)∩造林面积

表 8 生态安全的 Local Moran's I 聚类统计(%)

Table 8 Local Moran's I cluster statistics for ecological security (%)

年份	HH 型	HL 型	LH 型	LL 型
2014	22.3096	0.0029	0.0205	14.1460
2017	30.9825	0.0022	0.0093	14.0761

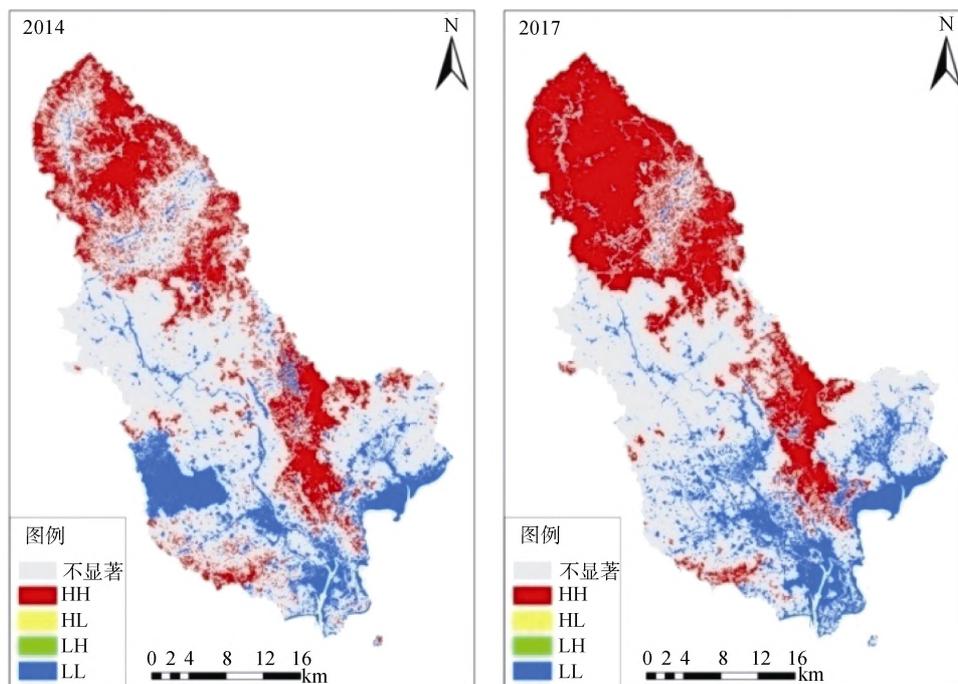


图 3 2014 与 2017 年诏安县土地生态安全的 LISA 分类图

Figure 3 LISA classification map of land ecological security in Zhao'an in 2014 and 2017

表 9 2014 年地理探测器因子探测结果

Table 9 Geodetic detector factor detection results in 2014

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	0.0676							
C2	0.3536	0.3074						
C3	0.2026	0.7889	0.1325					
C4	0.5401	0.7888	0.7365	0.5394				
C5	0.2784	0.6348	0.4559	0.5536	0.2027			
C6	0.1506	0.6293	0.3588	0.6127	0.3028	0.0779		
C7	0.1450	0.4220	0.2072	0.5451	0.2186	0.1439	0.0718	
C8	0.1736	0.4597	0.2802	0.5573	0.2426	0.1858	0.1289	0.1068

表 10 2017 年地理探测器因子探测结果

Table 10 Geodetic detector factor detection results in 2017

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	0.0537							
C2	0.7243	0.7019						
C3	0.8114	0.8242	0.7887					
C4	0.6549	0.7788	0.8677	0.6484				
C5	0.3552	0.8447	0.9150	0.7105	0.3039			
C6	0.4531	0.9094	0.9167	0.8556	0.4911	0.3967		
C7	0.1766	0.7593	0.8357	0.6682	0.3221	0.4628	0.1253	
C8	0.1764	0.7343	0.8267	0.6544	0.345	0.485	0.1802	0.1304

(C6)的 q 值均超过了 90%, 表明以上交互因子的协调增强作用显著。

结果表明, 2014—2017 年土地生态安全的空间分异的驱动因素由植被覆盖度主导变化为单位农药量和单位化肥量主导, 因子的交互作用有所改变, 由单位化肥量与单位农药量、植被覆盖度的交互协调增强为主向由单位化肥量与单位农药量、造林面积、土地利用强度交互协调增强为主变化。以上变化表明诏安县土地生态安全的空间分异现象由自然因素主导趋向人为影响因素主导。在生态风险管控中应控制人为干预, 做出合理的土地开发利用行为, 在农业生产项目中避免过多的农药和化肥的使用。

3 讨论与结论

时间上, 诏安县在脱贫攻坚过程中土地生态总体为安全状态。相较 2014 年, 2017 年土地生态风险区(I 级)与敏感区(II 级)面积增加 126.14 km²; 土地生态安全区(IV 级)与生态良好区(V 级)面积减少 431.30 km², 减幅明显。空间上, 诏安县土地生态安全在空间上呈正向相关性, 局部存在空间集聚性。

2014 年与 2017 年 HH 型显著面积分别占 22.31%、30.98%, LL 型面积分别占 14.15%、14.08%。诏安县 2014 年土地生态安全 III 级以下的区域主要位于东南部、南部沿海滩涂、流域两岸、城镇建设用地、部分耕地与果园等区域, 北部秀篆镇等山区生态安全等级较高。2017 年县域内土地生态风险区(I 级)与敏感区(II 级)土地面积相较 2014 年在空间分布上呈扩张趋势, 在 2014 年原不安全的基础上向外扩张, 其中以桥东镇、四都镇、梅岭乡、深桥镇、西潭镇等县域中南部与中西部区域扩张最为明显, 部分茶园、果园、耕地同样出现土地生态安全等级较低情况, 北部与中西部山区土地生态安全等级较高。

根据地理探测器结果, 2014 年影响诏安县土地生态安全的主要因素是植被覆盖度; 2017 年影响诏安县土地生态安全等级的主要因素是单位化肥量、单位农药量、植被覆盖度。由于区域发展条件不一致导致诏安县内不同地区土地生态安全等级的明显差异, 平原区与沿海区在脱贫攻坚过程中经济发展速度加快, 土地利用强度较大, 城市化水平较高, 土地生态安全等级较低; 山区耕地、果园等随着投

入水平的增大,土地生态安全等级随之降低。人类开发与经济活动、土地开发利用强度的提升致使土地生态系统失衡,对土地生态系统的安全干扰与破坏明显,土地生态安全影响因素中逐渐突出人为因素的影响。

综上,从“贫困县”发展为“十佳县”,诏安县土地生态安全等级发生了变化,人为因素对土地生态影响程度逐步加大。且县域内土地生态安全为全局自相关,各区域土地生态安全相互影响与反馈,跨区域协调发展与跨区域协同加大环境保护力度势在必行。在脱贫攻坚工作中实现区域土地生态环境的治理与保护、维持土地生态安全与稳定、继续保持诏安县良好的生态优势等成为未来生态文明建设的重要内容。由于部分扶贫开发项目短时期内无法显现出对生态环境的影响,需要长时间的生态环境的监测,以探究具体项目对土地生态安全等级变化的更深层次驱动因素,未来可对此进行深入研究。同时,为了促进生态文明建设与社会经济的可持续发展相协调,未来可依据扶贫开发与生态保护并重、脱贫攻坚与乡村振兴相衔接的原则,对区域的“五个一批”扶贫开发具体工程与区域整体土地生态安全间的耦合协调作用作深入研究。

参考文献

- [1] RAPPORT D J. Ecosystem not optimized: A reply[J]. *Aquatic Ecosystem Health*, 1993, 2(1): 57–58.
- [2] NEWTON J L. The commonweal of life: Aldo Leopold and land health[D]. Champaign: University of Illinois at Urbana-Champaign, 2004.
- [3] FAO Proceedings. Land quality indicators and their use insustainable agriculture and rural development[R]. Proceedings of the workshop organized by the land and water devel-opment division FAO agriculture department, 1997.
- [4] PIERI C, DUMANSKI J, HAMBLINA, et al. Land quality indicators[J]. *World Bank Discussion*, 1995, 3(1/2): 37–75.
- [5] TSCHERNING K, HELMING, KRIPPNER B, et al. Does research applying the DPSIR framework support decision making [J]. *Land Use Policy*, 2012, 29(1): 102–110.
- [6] 史培军, 潘耀忠. 深圳市土地利用/覆盖变化与生态环境安全分析[J]. *自然资源学报*, 1999, 14(4): 293–299.
- [7] 林彰平, 刘湘南. 东北农牧交错带土地利用生态安全模式案例研究[J]. *生态学杂志*, 2002, 21(6): 15–19.
- [8] 赵齐阳, 邓良基, 张世熔. 四川省土地退化的现状及防治对策[J]. *四川农业大学学报*, 2002, 20(4): 357–361.
- [9] 张安录. 城乡生态经济交错区土地资源可持续利用与管理研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2000.
- [10] 左伟. 基于 RS、GIS 和 Models 的区域生态环境系统安全综合评价研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2002.
- [11] 刘永强. 土地生态安全评价方法综合应用研究—以江苏省无锡市为例[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [12] 任永泰, 许东阳, 成琨. 基于 DPSIR 视角下的水土资源生态安全探析[J]. *环境工程*, 2018, 36(11): 172–178.
- [13] 韩磊, 潘玉君, 高庆彦, 等. 基于 PSR 和无偏 GM(1, 1)模型的云南省耕地生态安全评价与预测[J]. *生态经济*, 2019, 35(2): 148–154.
- [14] 中华人民共和国自然资源部. GB/T21010—2017, 土地利用现状分类标准[S]. 2017.
- [15] 唐怡, 韦仕川, 王湃. 基于 GIS 的区域土地利用均衡度时空差异研究—以海南省为例[J]. *中国农业资源与区划*, 2017, 38(5): 41–47.
- [16] 中华人民共和国水利部. SL190—2007, 土壤侵蚀分类分级标准[S]. 2007.
- [17] 李苗苗. 植被覆盖度的遥感估算方法研究[D]. 北京: 中国科学院遥感应用研究所, 2003.
- [18] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. *自然资源学报*, 1997, 12(2): 10–16.
- [19] 张超. 计量地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1984.
- [20] 徐广才, 康慕谊, MARC M, 等. 锡林郭勒盟生态脆弱性[J]. *生态学报*, 2012, 32(5): 1643–1653.
- [21] HAN Baolong, LIU Hongxiao, WANG Rusong. Urban ecological security assessment for cities in the Beijing–Tianjin–Hebei metropolitan region based on fuzzy and entropy methods[J]. *Ecological Modelling*, 2015, 318: 217–225.
- [22] HUANG Hao, CHEN Bin, MA Zhiyuan, et al. Assessing the ecological security of the estuary in view of the ecological services—A case study of the Xiamen Estuary[J]. *Ocean and Coastal Management*, 2017, 137: 12–23.
- [23] 刘超贤. 基于 RS 与 GIS 技术的丹江口库区土地生态安全变化及影响因素研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2018.
- [24] 戴文远, 黄华富, 黄万里, 等. 海岛生态脆弱区景观生态安全时空分异特征—以福建海坛岛为例[J]. *生态科学*, 2017, 36(4): 152–159.
- [25] 黄烈佳, 杨鹏. 长江经济带土地生态安全时空演化特征及影响因素[J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(8): 1780–1790.
- [26] 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.
- [27] 刘瑞, 朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. *资源科学*, 2010, 32(8): 1544–1550.