

DOI:10.16498/j.cnki.hnnykx.2018.007.023

# 基于地理探测器的广西县域贫困空间分布及影响因素

童新华<sup>1</sup>, 梁 俏<sup>1</sup>, 韦燕飞<sup>2</sup>, 刘秋萍<sup>2</sup>(1. 广西师范学院地理科学与规划学院, 广西 南宁 530001; 2. 广西师范学院  
国土资源与测绘学院, 广西 南宁 530001)

**摘要:** 运用不同的空间分析方法分析特定时期广西贫困的空间分布特征及其影响因素, 为扶贫工作提供决策参考。基于 2016 年广西贫困及统计年鉴数据, 以县域为研究单元, 利用空间自相关分析和地理探测器方法, 分析了广西贫困的空间分布特征, 并讨论了影响贫困的主导因素。结果表明: (1) 广西县域贫困发生率表现为由西北部—西南部、中部、北部—东南部—东北部和南部递减的空间异质性分布。(2) 广西各县域贫困发生率具有很强的空间依赖性, 全局空间自相关表现为空间聚集状态, 局部空间自相关中高—高区位于西北部, 低—低区位于东部和南部, 呈集中式分布。(3) 因子探测结果为: 生态系统恢复能力(0.609 0) > 教育状况(0.483 5) > 地形因子(0.459 2) > 气象因子(0.441 4) > 经济实力(0.317 5) > 经济压力度(0.293 5) > 地表因子(0.222 2) > 人口压力度(0.119 4) > 社会福利(0.046 3)。(4) 生态探测器结果显示地表因子与生态系统恢复能力、地形因子与气象因子、地形因子与生态系统恢复能力等 10 对因子对贫困的空间分布具有显著的差异性。(5) 交互探测结果说明导致广西县域贫困的分布不是由单一的影响因子造成的, 广西贫困是不同的影响因素共同作用的结果。

**关键词:** 地理探测器; 贫困; 影响因素; 广西**中图分类号:** F327**文献标识码:** A**文章编号:** 1006-060X (2018) 07-0082-07

## Analysis of Influencing Factors of County Poverty in Guangxi Based on Geo Detector

TONG Xin-hua<sup>1</sup>, LIANG Qiao<sup>1</sup>, WEI Yan-fei<sup>2</sup>, LIU Qiu-ping<sup>2</sup>(1. School of Geography and Planning, Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001, PRC; 2. School of Land  
Resources and Surveying, Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001, PRC)

**Abstract:** Using different spatial analysis methods to analyze the spatial distribution characteristics of poverty and its influencing factors in particular period in Guangxi, and provide the decision reference for the poverty alleviation work. Based on the data of Guangxi's poverty data and statistical yearbook in 2016, taking the county as the research unit, the spatial distribution characteristics of poverty in Guangxi were analyzed by spatial autocorrelation analysis and geo detector method, and the leading factors affecting poverty were discussed. The results were as followed: (1) the incidence of poverty in the county of Guangxi was manifested by decreasing the distribution of spatial heterogeneity of the north-west, the central, the north, the southeast, the northeast and the south. (2) The incidence of poverty in each county of Guangxi had a strong spatial dependence. The global spatial autocorrelation was a spatial aggregation state, the high-high area in the local spatial autocorrelation is located in the northwest, and the low-low region was located in the East and south, and was centralized in the distribution. (3) The results of factor detection were: ecosystem recovery capacity (0.6090) > education status (0.4835) > terrain factor (0.4592) > meteorological factor (0.4414) > economic strength (0.3175) > economic pressure (0.2935) > surface factor (0.2222) > population pressure (0.1194) > Social Welfare (0.0463). (4) The results of ecological detector showed that 10 factors, such as surface factor and ecosystem recovery capacity, terrain factor and meteorological factor, terrain factor and ecosystem recovery capacity, had significant difference in the spatial distribution of poverty. (5) The results of interactive exploration indicate that the distribution of County poverty in Guangxi was not caused by a single influence factor, but caused by different factors.

**Key words:** geo detector; poverty; influencing factors; Guangxi

贫困问题一直是世界性的课题, 同时也是地理学研究的热点问题, 20 世纪 90 年代, 联合国粮农组织等机构以地理信息系统为基础, 构建了地理空间分析框架, 从国家—省—县—乡镇尺度出发开展空间贫困研究, 并取得了广泛的应用<sup>[1]</sup>。中国对贫困问题的研

究始于 1990 年, 可以分为三个阶段, 2004 年以前对贫困问题的研究较少, 2005~2015 年处于快速发展的阶段, 2015 年后对贫困的研究成果飞速出现。地理探测器是由王劲峰等<sup>[2]</sup>提出并设计的能客观反映地理要素对自然综合体的影响力, 并度量两者间空间异质性的一种方法, 已在景观生态格局、城市碳排放、健康风险评估等方面得到广泛应用, 其在影响因素及机理的研究中取得较良好的效果<sup>[3]</sup>。在贫困研究中使用地理探测器分析的研究较少, 刘彦随<sup>[4]</sup>运用地理探测器和多元回归分析等模型和方法, 诊断分析了河北省阜

**收稿日期:** 2018-04-23**基金项目:** 广西哲学社会科学规划研究课题项目 (17FGL014); 广西哲学社会科学规划研究课题项目 (17FGL016); 广西师范学院科研启动经费项目 (2013L08)**作者简介:** 童新华 (1964-), 男, 广西靖西市人, 副教授, 研究方向为 GIS 应用及土地资源规划。

平县贫困化的主导因素，解释了贫困的动力机制，并针对不同的贫困化类型提出相应的扶贫模式和政策。笔者以广西县域为研究单元，在 2016 年广西贫困及统计年鉴数据的基础上，利用空间自相关分析和地理探测器方法，分析了广西贫困的空间分布特征，并讨论了影响贫困的主导因素。

## 1 研究区域与数据来源

### 1.1 研究区域

广西壮族自治区位于中国西南部沿海地区，位于 20°54'N~26°23'N，104°29'E~112°04'E 之间，其东部与广东相邻，东北部和西北部分别与湖南省和贵州省接壤，西部与云南省相连，西南部与越南交界，南部区域为北部湾并与海南省隔海相望<sup>[5]</sup>。广西全省面积约 23.7×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>，占国土总面积的 2.5%，东部和西部最大跨距 771 km，南部和北部最大跨距 634 km。广西地势西北高东南低，四周被山地环绕，特点为山岭奇多，岩溶广布，丘陵繁杂，平原低小<sup>[6-9]</sup>。

### 1.2 数据来源

使用的数据包括生态环境数据和社会经济数据，

包括 90 m DEM 数据及其派生数据、250 m NDVI 数据和《广西统计年鉴（2017 年）》统计数据。广西生态环境与贫困评价指标体系如表 1 所示。

### 1.3 研究内容

以广西县域为研究单元，收集 2016 年广西贫困数据及统计年鉴数据，包括生态环境和社会经济 2 个方面，运用均方差决策法计算指标权重，利用空间自相关分析和地理探测器方法，分析广西贫困的空间分布特征，并讨论了影响贫困的主导因素。技术流程图如图 1 所示。

## 2 研究方法

### 2.1 均方差决策法

为避免主观赋权法的主观性和差异性，笔者采用客观赋权法中的均方差决策法计算指标权重。均方差决策法<sup>[10-12]</sup>以信息熵原理计算并赋权，指标的变异程度越大，信息熵的值越小，指标权重值越大。均方差决策法的具体步骤如下。

计算变量均值：

$$E(X_j) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Y_{ij} \quad (1)$$

表 1 广西生态环境与贫困评价指标体系

| 指标类  | 指标群   | 指标种          | 指 标                                                                                                                                                           |
|------|-------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 生态环境 | 生态敏感性 | 地形因子         | 平均坡向、平均曲率、地面粗糙度、地形起伏度、坡度变率、平面曲率、剖面曲率、坡向变率、平均坡度、坡度 0 占比（0° < 坡度 ≤ 2°）、坡度 1 占比（2° < 坡度 ≤ 6°）、坡度 2 占比（6° < 坡度 ≤ 15°）、坡度 3 占比（15° < 坡度 ≤ 25°）、坡度 4 占比（> 25°）、平均海拔 |
|      |       | 地表因子         | 河网密度、植被覆盖度、森林覆盖率                                                                                                                                              |
|      |       | 气象因子         | 多年平均气温、多年平均降雨量、生长季干燥度                                                                                                                                         |
|      | 生态修复力 | 生态系统恢复能力     | 植被净第一生产力                                                                                                                                                      |
| 社会经济 | 生态压力度 | 人口压力度        | 耕地面积、人均耕地人口密度、人均粮食产量、人均水资源量、人均森林面积                                                                                                                            |
|      |       | 经济压力度        | GDP 密度                                                                                                                                                        |
|      | 经济贫困  | 经济实力         | 路网密度、地区生产总值、人均生产总值、城镇居民人均可支配收入、农村居民人均纯收入、规模以上工业总产值、固定资产投资、新增固定资产、第三产业占 GDP 比重                                                                                 |
|      | 社会贫困  | 社会福利<br>教育状况 | 社会保障和就业支出、教育支出、医疗卫生（与计划生育）支出<br>少数民族比、受教育程度的 6 岁及以上人口、文盲人口占 15 岁及以上人口比重                                                                                       |

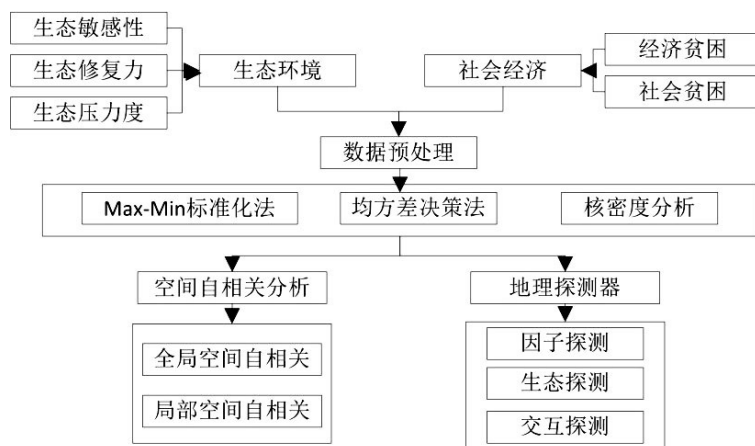


图 1 技术流程图

计算  $X(j)$  的均方差:

$$\sigma(X_i) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (Y_{ij} - E(X_i))^2} \quad (2)$$

计算指标  $X(j)$  的权重:

$$W(X_i) = \frac{\sigma(X_i)}{\sum_{i=1}^n (X_i)} \quad (3)$$

## 2.2 核密度分析

核密度分析是空间点分析方法中常用的一种非参数估计方法,是运用核函数将各点或线作拟合处理得到光滑锥状表面,并计算其在周围邻域密度的一种方法,该方法能够反映要素点的空间聚集程度和集中程度<sup>[13-14]</sup>。核密度计算公式如下。

$$\hat{f}_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (4)$$

式中,  $x_i$  表示  $i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) 点位置坐标;  $n$  为样点数;  $h$  为计算的带宽;  $(x-x_i)$  为估计点到样本点  $x_i$  的距离;  $k(\frac{x-x_i}{h})$  表示核函数。

## 2.3 空间自相关分析

**2.3.1 全局空间自相关** 地理现象间多具有空间相关特征,全局空间自相关测度地理要素指标的属性值,以反映地理要素整体分布的分异性,以此分析具体要素分布的均衡程度<sup>[15-16]</sup>。若全局 Moran's I 的结果大于 0,贫困在空间上呈正相关,表现为显著聚集;若全局 Moran's I 的结果小于 0,表明贫困在空间上呈负相关,表现为显著分离。当 Z 值介于  $[-1.96, 1.96]$ ,且显著性水平  $\alpha=5\%$  时,表明结果接受零假设<sup>[16]</sup>。

**2.3.2 局部空间自相关** 空间自相关分析是地统计学最常用的方法之一,其根据要素所在位置和要素值度

量研究对象在空间的相关性,局部空间自相关是衡量空间某一单元与其邻接单元间相关程度的标准,能够反映空间单元与邻接单元的空间差异性和显著性<sup>[17-18]</sup>。

## 2.4 地理探测器

地理探测器是中科院地理科学与资源研究所开发的集风险探测、因子探测、生态探测和交互探测于一体的软件包,能够定量分析要素在地理上的空间属性,并以空间统计的方法表达,是探测空间分异性与分析相关驱动力的一组统计学方法,现已被广泛应用于社会经济与生态环境等研究领域<sup>[19-20]</sup>。笔者通过因子探测器、生态探测器和交互探测器分析影响因子与贫困发生率的关系。

## 3 广西县域贫困空间格局特征

### 3.1 空间异质性格局

从广西县域贫困发生率分布格局来看(图2),广西县域贫困发生率为西北部最高,表现为由西北部—西南部、中部、北部—东南部—东北部和南部递减的空间异质性分布。

### 3.2 空间依赖性格局

对全局空间自相关的 Moran's I 指数进行 999 次随机化运算,结果显示全局自相关系数为正值,且在 1% 的显著性水平拒绝原假设,空间自相关系数显著异于零,县域贫困发生率具有很强的空间依赖性,同时贫困发生率的空间分布状况表现为空间聚集状态。对贫困发生率进行局部空间自相关分析,同样对指数进行 999 次随机化运算,发现高一高贫困发生率区有 21 个,分布于西北部,低—低贫困发生率区有 27 个

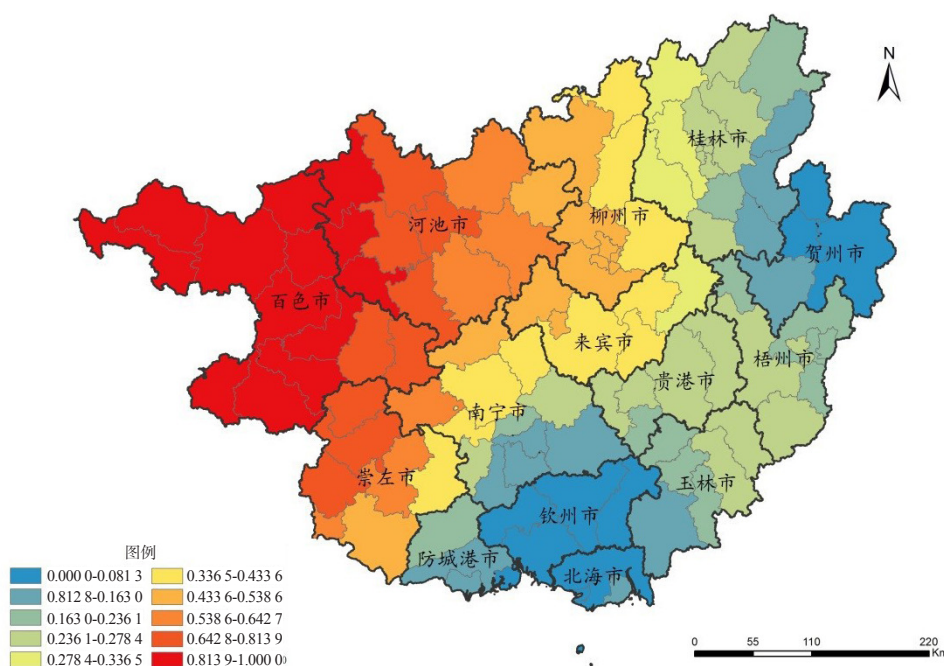


图2 广西县域贫困空间分布

分布于东部和南部，无高一低和低一高贫困发生率区，同时高一高区和低一低区数量多且呈集中式分布，如图3所示。广西县域贫困地域类型见表2。

### 3.3 地理探测器分析结果

贫困发生率的空间分布情况代表广西贫困的状况，结合地理探测器定量分析相关的指标，结果如下。

3.3.1 因子探测 通过因子探测器衡量各因子对贫困发生率的影响强度，其 $q$ 值越大说明该因子对贫困的影响强度越大，探测结果如图4所示。在9个因子中，广西县域贫困的因子探测 $q$ 值分别为：生态系统恢复能力(0.6090) > 教育状况(0.4835) > 地形因子(0.4592) > 气象因子(0.4414) > 经济实力(0.3175) > 经济压

力度(0.2935) > 地表因子(0.2222) > 人口压力度(0.1194) > 社会福利(0.0463)，且 $P < 0.01$ ，影响因子分布图见图4。

(1) 生态系统恢复能力空间分布特征为南部和东南部地区最高，由南部和东南部向西北部呈环状递减。说明南部和东南部地区受到地形气候等因素的影响，土地资源丰富，光、热、水、气等资源充沛，适合生物生长，其生态环境、自然条件、植被状况和森林覆盖度较高，生物活性好，生态系统的修复能力较强。相比于南部和东南部地区，西北部区域石漠化现象严重，为大石山区，土地资源匮乏，生态环境较恶劣，因此生态系统恢复能力较差。

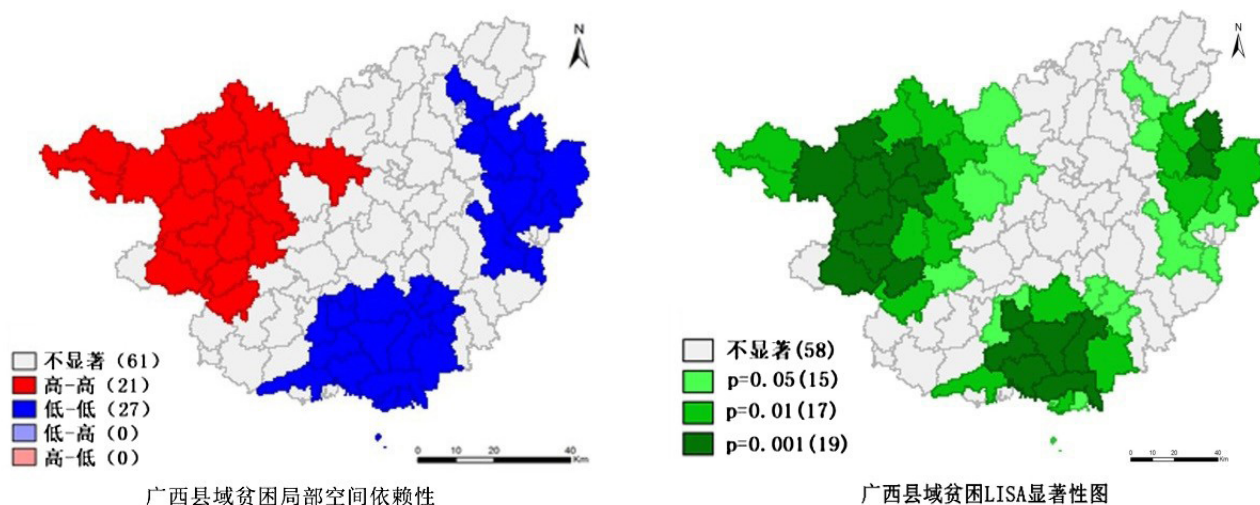


图3 局部空间自相关分析

表2 广西县域贫困地域类型

| 类型  | 县名                                                                                                                 |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 高一高 | 隆林各族自治县、西林县、田林县、乐业县、凌云县、右江区、田阳县、德保县、靖西市、大新县、天等县、田东县、平果县、巴马瑶族自治县、大化瑶族自治县、凤山县、东兰县、金城江区、宜州市、天峨县、南丹县                   |
| 低一低 | 灵川县、恭城瑶族自治县、阳朔县、平乐县、富川瑶族自治县、钟山县、昭平县、苍梧县、八步区、藤县、防城区、钦南区、钦北区、合浦县、海城区、银海区、铁山港区、博白县、玉州区、兴业县、港南区、横县、灵山县、青秀区、邕宁区、良庆区、浦北县 |
| 低一高 | 无                                                                                                                  |
| 高一低 | 无                                                                                                                  |
| 不显著 | 61个县                                                                                                               |

注：高一高区为空间贫困陷阱区。

(2) 教育状况空间分布特征为西北部向东南部递减。西北部地区为少数民族聚集区，同时该区高等学校占有一定的比例，生源好，文盲率较低，而东南部少数民族数量较少，以汉族为主，同时高等学校数量较少。

(3) 地形因子表现为由西北部和东北部向中部和南部过渡。从DEM数据分析，西北部和东北部处于高海拔地区坡度大，因地处大石山区其地面粗糙度和地形起伏度较大；中部和南部地区坡度较小，地势平缓，丘陵和平原占地面积大，地面粗糙度和地形起伏度较小，因此地形因子较小。

(4) 气象因子表现为由南部—西部—西北部—东北部逐渐减少。广西区域跨度大，地域差异显著，受地形影响，各地区的气温和降雨量分布不均衡，南部地区受季风和台风的影响较大，降水较多，伴随着距离的增长，离海洋越远，降雨量相对减少；南部等地为北回归线以南地区，气温较高，光热条件充足，较北回归线以北地区具有优势；受气温和降雨量的影响，气温高且降雨量多的地区生长季干燥度指数高，反之生长季干燥度低。

(5) 经济实力沿着东北—西南轴线由南侧向西北递减。经济实力由地区生产总值、人均生产总值、路

网密度、城镇居民人均可支配收入、规模以上工业总产值、农村居民人均纯收入、固定资产投资和新增固定资产共同起作用，南部是广西最便捷的出海通道，同时也是连接东南亚等国家的中心枢纽，其对外贸易、旅游业等较发达；东南部与广东省接壤，生活在该区域的人大多前往广东省务工、做生意，收入来源广泛。因此南部和东南部地区的经济实力较西北部高。

(6) 经济压力度主要集中于中部及柳州、桂林市区等地，表现为中部及东南部向西北部和北部递减。经济压力度与 GDP 和行政区域面积有关， $GDP 密度 = GDP / 行政区域面积$ ，GDP 高地区，GDP 密度高，行政区域面积大的地区，GDP 密度低。

(7) 地表因子、人口压力度和社会福利的影响度较低，其空间分布特征呈零散分布的情况。因河网密度、植被覆盖度、森林覆盖率、耕地面积、人口、粮食产量、水资源量和森林面积等因素大部分属于自然或土地资源，其年均变化较小，因此对贫困的作用力较小，而教育支出、社会保障和就业支出、医疗卫生（与计划生育）支出等是支持当地发展的政策，是政府根据该地区的发展现状、发展潜力及国家政策制定并实施的，是促进地区发展的因子，因此影响度较小。

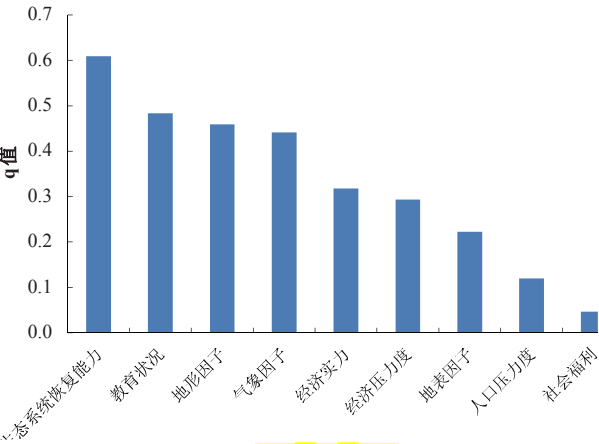


图 4 因子探测结果

3.3.2 生态探测 生态探测器能够探测影响因子对贫困的空间分布的显著差异，检验 0.05 的显著性水平，若通过检验则说明两个因子在影响贫困分布方面存在

表 3 生态探测器结果

| 类 别 名 称        | Y <sub>1</sub> |                |                | Y <sub>2</sub> |                | Y <sub>3</sub> |                | Y <sub>4</sub> |                | Y <sub>5</sub> |  |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
|                | x <sub>1</sub> | x <sub>2</sub> | x <sub>3</sub> | x <sub>4</sub> | x <sub>5</sub> | x <sub>6</sub> | x <sub>7</sub> | x <sub>8</sub> | x <sub>9</sub> |                |  |
| Y <sub>1</sub> | x <sub>1</sub> |                |                |                |                |                |                |                |                |                |  |
|                | x <sub>2</sub> | N              |                |                |                |                |                |                |                |                |  |
|                | x <sub>3</sub> | N              | Y              |                |                |                |                |                |                |                |  |
| Y <sub>2</sub> | x <sub>4</sub> | Y              | Y              | Y              |                |                |                |                |                |                |  |
| Y <sub>3</sub> | x <sub>5</sub> | N              | N              | N              | N              |                |                |                |                |                |  |
|                | x <sub>6</sub> | N              | N              | N              | N              | N              |                |                |                |                |  |
| Y <sub>4</sub> | x <sub>7</sub> | N              | N              | N              | N              | Y              | N              |                |                |                |  |
| Y <sub>5</sub> | x <sub>8</sub> | N              | N              | N              | N              | N              | N              | N              |                |                |  |
|                | x <sub>9</sub> | N              | Y              | N              | N              | Y              | Y              | Y              | Y              |                |  |

注：Y<sub>1</sub>：生态敏感性；Y<sub>2</sub>：生态修复力；Y<sub>3</sub>：生态压力度；Y<sub>4</sub>：经济贫困；Y<sub>5</sub>：社会贫困；x<sub>1</sub>：地形因子；x<sub>2</sub>：地表因子；x<sub>3</sub>：气象因子；x<sub>4</sub>：生态系统恢复能力；x<sub>5</sub>：人口压力度；x<sub>6</sub>：经济压力度；x<sub>7</sub>：经济实力；x<sub>8</sub>：社会福利；x<sub>9</sub>：教育状况。Y 表示两个因子对贫困的空间分布具有显著的差异性；N 表示无显著差异性，置信度为 95%，下同。

差异，不通过则无显著差异。探测结果如表 3 所示。

分析探测结果，发现地表因子与生态系统恢复能力、气象因子与生态系统恢复能力、地形因子与气象因子、地形因子与生态系统恢复能力、地形因子与教育状况、人口压力度与经济实力、人口压力度与教育状况、经济压力度与教育状况、经济实力与教育状况、社会福利与教育状况 10 对因子对贫困的空间分布具有显著的差异性。其余因子两两之间无显著差异。

4.3.3 交互探测 交互探测器用于探测影响因子在影响贫困的空间分布是否具有交互作用，结果如表 4 表 5 所示。

表 4 和表 5 的交互探测结果表明，在所选因子中任意两个因子的交互作用均大于单个因子的影响，说明导致广西县域贫困的分布不是由单一的影响因子造成的，广西贫困是不同的影响因素共同作用的结果。

其中，生态系统恢复能力与教育状况交互作用对贫困的风险因子探测 q 值最高为 0.890 7，除此之外，影响较大的交互因子有：地形因子与生态系统恢复能力 (0.890 4)，气象因子与生态系统恢复能力 (0.887 9)，生态系统恢复能力与人口压力度 (0.869 0)，地表因

表 4 影响因子交互式探测结果

|                | x <sub>1</sub>       | x <sub>2</sub>       | x <sub>3</sub>       | x <sub>4</sub>       | x <sub>5</sub>       | x <sub>6</sub>       | x <sub>7</sub>       | x <sub>8</sub>       | x <sub>9</sub> |
|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| x <sub>1</sub> | 0.459 2              |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                |
| x <sub>2</sub> | 0.675 1 <sup>*</sup> | 0.222 2              |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                |
| x <sub>3</sub> | 0.856 3 <sup>*</sup> | 0.863 7 <sup>#</sup> | 0.441 4              |                      |                      |                      |                      |                      |                |
| x <sub>4</sub> | 0.890 4 <sup>*</sup> | 0.751 2 <sup>*</sup> | 0.887 9 <sup>*</sup> | 0.609 0              |                      |                      |                      |                      |                |
| x <sub>5</sub> | 0.818 8 <sup>#</sup> | 0.517 2 <sup>#</sup> | 0.761 5 <sup>#</sup> | 0.869 0 <sup>#</sup> | 0.119 4              |                      |                      |                      |                |
| x <sub>6</sub> | 0.680 5 <sup>*</sup> | 0.627 5 <sup>#</sup> | 0.809 4 <sup>#</sup> | 0.824 3 <sup>*</sup> | 0.653 9 <sup>#</sup> | 0.293 5              |                      |                      |                |
| x <sub>7</sub> | 0.782 7 <sup>*</sup> | 0.632 6 <sup>#</sup> | 0.799 9 <sup>#</sup> | 0.850 6 <sup>*</sup> | 0.743 2 <sup>#</sup> | 0.555 5 <sup>*</sup> | 0.317 5              |                      |                |
| x <sub>8</sub> | 0.830 7 <sup>#</sup> | 0.591 2 <sup>#</sup> | 0.728 8 <sup>#</sup> | 0.805 3 <sup>#</sup> | 0.622 2 <sup>#</sup> | 0.616 3 <sup>#</sup> | 0.612 9 <sup>#</sup> | 0.046 3              |                |
| x <sub>9</sub> | 0.822 6 <sup>*</sup> | 0.661 3 <sup>*</sup> | 0.815 8 <sup>*</sup> | 0.890 7 <sup>*</sup> | 0.751 4 <sup>#</sup> | 0.741 3 <sup>*</sup> | 0.788 0 <sup>*</sup> | 0.738 7 <sup>#</sup> | 0.483 5        |

注：\* 交互作用为双因子增强，# 为非线性增强。

表5 影响因子交互作用关系

| 交互作用关系    | A ∩ B                                                                                                                                                                                                             |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 两个因子非线性减弱 | —                                                                                                                                                                                                                 |
| 单因子非线性减弱  | —                                                                                                                                                                                                                 |
| 双因子增强     | 地形因子∩地表因子、地形因子∩气象因子、地形因子∩生态系统恢复能力、地形因子∩社会福利、地表因子∩生态系统恢复能力、地表因子∩教育状况、气象因子∩生态系统恢复能力、气象因子∩教育状况、经济压力度∩经济实力、经济压力度∩教育状况、经济实力∩教育状况                                                                                       |
| 两个因子相互独立  | —                                                                                                                                                                                                                 |
| 两个因子非线性增强 | 地形因子∩人口压力度、地形因子∩社会福利、地表因子∩气象因子、地表因子∩人口压力度、地表因子∩经济压力度、地表因子∩经济实力、地表因子∩社会福利、气象因子∩人口压力度、气象因子∩经济压力度、气象因子∩经济实力、气象因子∩社会福利、生态系统恢复能力∩人口压力度、生态系统恢复能力∩社会福利、人口压力度∩经济压力度、人口压力度∩经济实力、人口压力度∩社会福利、人口压力度∩教育状况、经济压力度∩社会福利、社会福利∩教育状况 |

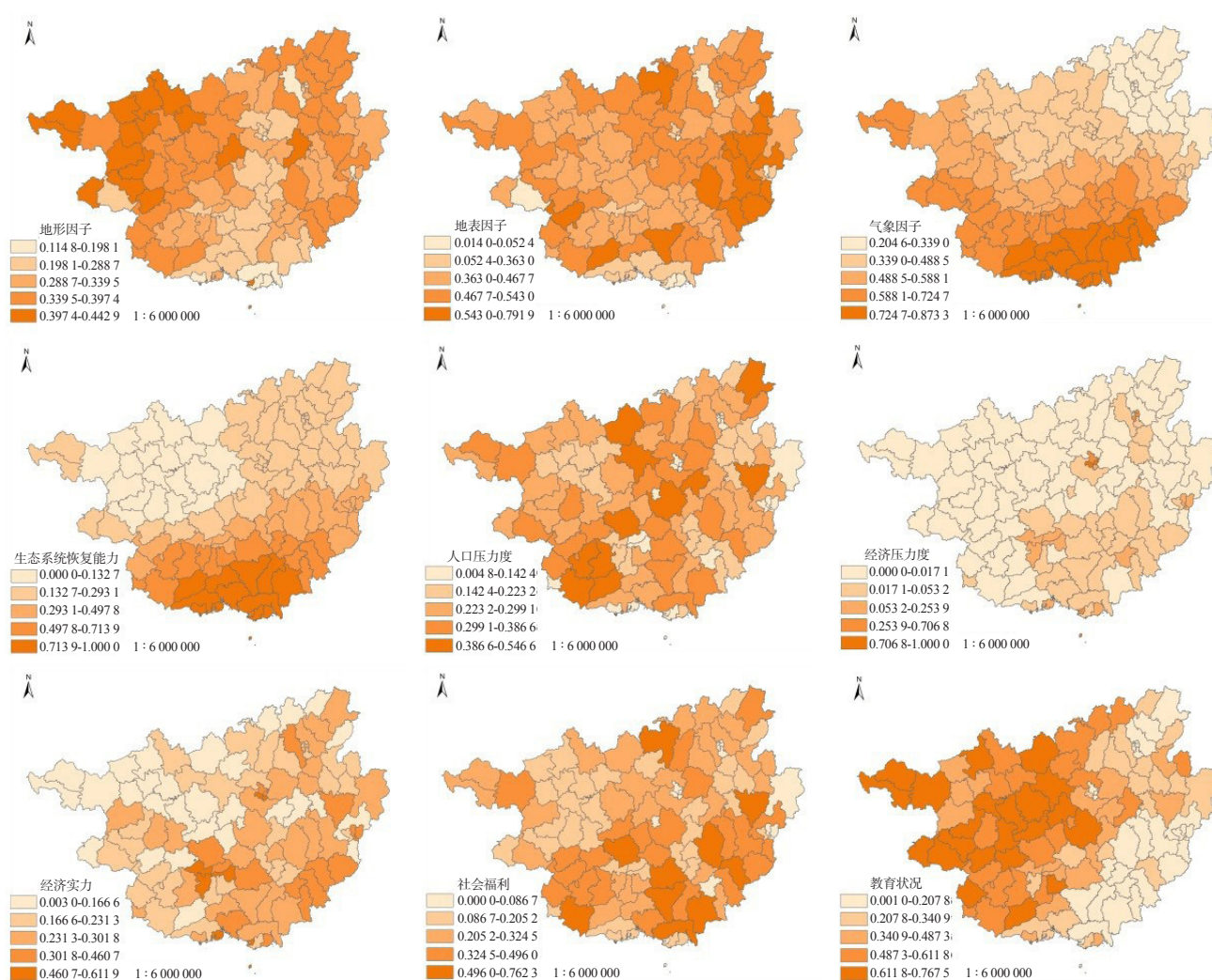


图5 影响因子空间分布

子与气象因子 (0.863 7)。

综上所述,生态修复力是影响广西县域贫困的主要影响要素,生态系统恢复能力的影响最大,生态敏感性的影响次之,生态压力度、经济贫困和社会贫困的影响均起着不同的影响,不同影响因子的交互作用均大于单因子的作用值,各因子共同影响广西贫困。

## 4 结 论

笔者基于 2016 年广西贫困及统计年鉴数据,以

县域为研究单元,利用空间自相关分析和地理探测器方法借助 ArcGIS 和 DeoDa 软件,分析了广西贫困的空间分布特征,并讨论了影响贫困的主导因素,结果如下。

(1) 广西县域贫困发生率表现为由西北部—西南部、中部、北部—东南部—东北部和南部递减的空间异质性分布。

(2) 全局空间自相关结果表明各县域贫困发生率具有很强的空间依赖性,同时贫困发生率的空间分布

状况表现为空间聚集状态。局部空间自相关分析结果表明高一高贫困发生率区有 21 个,分布于西北部,低—低贫困发生率区有 27 个分布于东部和南部,无高一低和低—高贫困发生率区,同时高一高区和低—低区数量多且呈集中式分布。

(3) 因子探测结果说明各因子对贫困发生率的影响强度,其  $q$  值越大说明该因子对贫困的影响强度越大。因子探测  $q$  值分别为:生态系统恢复能力(0.609 0) > 教育状况(0.483 5) > 地形因子(0.459 2) > 气象因子(0.441 4) > 经济实力(0.317 5) > 经济压力度(0.293 5) > 地表因子(0.222 2) > 人口压力度(0.119 4) > 社会福利(0.046 3),且  $P < 0.01$ 。

(4) 运用生态探测器检验 0.05 的显著性水平下影响因子对贫困的空间分布的显著差异,结果显示,地表因子与生态系统恢复能力、气象因子与生态系统恢复能力、地形因子与气象因子、地形因子与生态系统恢复能力、地形因子与教育状况、人口压力度与经济实力、人口压力度与教育状况、经济压力度与教育状况、经济实力与教育状况、社会福利与教育状况 10 对因子对贫困的空间分布具有显著的差异性,其余因子两两之间无显著差异。

(5) 交互探测结果表明,在所选取的影响因子中任意两个因子的交互作用均大于单个因子的影响,说明导致广西县域贫困的分布不是由单一的影响因子造成的,广西贫困是不同的影响因素共同作用的结果。生态系统恢复能力与教育状况交互作用对贫困的风险因子探测  $q$  值最高为 0.890 7,同时也是影响广西县域贫困的主要影响要素。

#### 参考文献:

- [1] 刘小鹏,李永红,王亚娟,等. 县域空间贫困的地理识别研究——以宁夏泾源县为例[J]. 地理学报, 2017, 71(3): 545-557.
- [2] 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.
- [3] 董玉祥,徐茜,杨忍,等. 基于地理探测器的中国陆地热带北界探讨[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 135-147.
- [4] 刘彦随,李进涛. 中国县域农村贫困化分异机制的地理探测与优化决策[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 161-173.
- [5] 申希兵. 基于 DEM 的广西旅游气候舒适度时空分异研究[J]. 中国岩溶, 2017, 36(4): 1-8.
- [6] 李燕丽,潘贤章,王昌昆,等. 2000-2011 年广西植被净初级生产力时空分布特征及其驱动因素[J]. 生态学报, 2014, 34(18): 5220-5228.
- [7] 杜虎,曾馥平,宋同清,等. 广西主要森林土壤有机碳空间分布及其影响因素[J]. 植物生态学报, 2016, 40(4): 282-291.
- [8] 张福文. 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的广西 1992-2012 年能源消费研究[D]. 南宁: 广西师范学院, 2015.
- [9] 周兴,童新华,华瑾,等. 广西生态环境敏感性综合评价及其空间分布[J]. 广西师范学院学报(自然科学版), 2006, 23(S1): 1-8.
- [10] 刘倩,李文正,纪茜,等. 基于均方差决策法的关中地区城市绿色发展市域差异分析[J]. 工程价值, 2018, 37(3): 14-17.
- [11] 欧弢,张述清,甘淑,等. 基于 GIS 与均方差决策法的山区县域资源环境承载力评价[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(3): 454-458.
- [12] 孙丕苓,许月卿,刘庆果,等. 基于环京津贫困带土地利用多功能性的咸鱼尺度时空分异影响因素[J]. 土地整理工程, 2017, 33(15): 283-292.
- [13] 后雪峰,屈清,李勇. 基于 GIS 的揭阳市传统村落空间分布特征研究[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2017, (5): 88-95.
- [14] 张伟,张杰,汪峰,等. 京津冀工业源大气污染排放空间集聚特征分析[J]. 城市发展研究, 2017, 24(9): 81-87.
- [15] 汤国安,杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [16] 陈勤昌,夏莉惠,蒋莉,等. 中部六省重要旅游资源赋存的空间格局分析[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版), 2017, 11(3): 63-68.
- [17] 韦仕川,熊昌盛,栾乔林,等. 基于耕地质量指数局部空间自相关的耕地保护分区[J]. 农业工程学报, 2014, 30(18): 249-256.
- [18] 郭敏,李淑杰. 基于局部空间自相关的耕地质量空间集聚性和保护分区——以吉林省九台市为例[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(3): 206-210.
- [19] 周亮,周成虎,杨帆,等. 2000-2011 年中国 PM<sub>2.5</sub> 时空演化特征及驱动因素解析[J]. 地理学报, 2017, 72(11): 2079-2092.
- [20] 王振波,方创琳,许光,等. 2014 年中国城市 PM<sub>2.5</sub> 浓度的时空变化规律[J]. 地理学报, 2015, 70(11): 1720-1734.

(责任编辑:肖彦资)