



长江流域资源与环境  
*Resources and Environment in the Yangtze Basin*  
ISSN 1004-8227, CN 42-1320/X

## 《长江流域资源与环境》网络首发论文

题目：喀斯特山区农村贫困测度与空间分异研究—以盘州市为例  
作者：吴跃，周忠发，朱昌丽，马国璇，黄登红  
网络首发日期：2020-04-17  
引用格式：吴跃，周忠发，朱昌丽，马国璇，黄登红. 喀斯特山区农村贫困测度与空间分异研究—以盘州市为例. 长江流域资源与环境.  
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1320.X.20200416.1850.006.html>



**网络首发：**在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

**出版确认：**纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

# 喀斯特山区农村贫困测度与空间分异研究—以盘州市为例

吴跃<sup>1,2,3</sup>, 周忠发<sup>1,2,3,\*</sup>, 朱昌丽<sup>1,2</sup>, 马国璇<sup>1,2,3</sup>, 黄登红<sup>1,2,3</sup>

(1. 贵州师范大学 喀斯特研究院/地理与环境科学学院, 贵州 贵阳 550001; 2. 贵州省喀斯特山地生态环境国家重点实验室培育基地, 贵州 贵阳 550001; 3. 国家喀斯特石漠化防治工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550001)

**摘要:** 本文以盘州市 474 村为研究对象, 建立多维贫困评价模型对盘州市村域多维贫困进行测算, 并结合 GIS 分析功能、地理探测器、逐步回归模型对其空间分异进行了深层次探究。结果表明: (1) 盘州市自然资本维度、金融资本维度、人力资本维度和环境脆弱维度贫困村个数依次为 45、101、201、17, 其中人力资本维度贫困村占总行政村 42.32%, 空间呈聚集化分布; (2) 盘州市 43 个行政村处于多维贫困, 约占行政村总数 9.1%, 主要分布在盘州市北部地区与南部地区, 中部地区呈现零散分布状态; (3) 盘州市多维贫困空间异质性的主导因子是行政村到县的距离、路网密度、生态保护红线面积比重、起伏度, 平均高程、村到乡镇的距离起次要作用, 各驱动因子间交互作用对多维贫困空间异质性的影响大于单因子作用产生的影响。对盘州市多维贫困进行定量测度, 并对其空间分异的驱动力进行探究, 结果对石漠化地区脱贫政策制定, 区域可持续发展具有重要意义。

**关键词:** 多维贫困; 地理探测器; 空间分异; 脆弱性; 石漠化

中图分类号: F323.8 文献标识码: A

## 0 引言

贫困是人类发展进程中所面临的重大难题之一, 是政府和学术界关注的焦点。20 世纪 80 年代中期以来, 我国就大范围开展有计划、有组织的农村扶贫开发工作, 但由于贫困人口数量庞大, 致贫因素种类繁多, 扶贫开发工程仍然重大。2013-2016 年期间, 中国农村累计脱贫人口达 5564 万人, 截止 2016 年底我国仍有 4335 万贫困人口<sup>[1]</sup>, 主要聚集在农村及偏远山区<sup>[2]</sup>。目前研究发现中国的农村贫困是受资源禀赋、自然环境、交通条件、健康教育、地理区位等多因子约束下的地缘性贫困<sup>[3,4]</sup>, 对农村贫困概念和内涵的研究也由单维贫困转变为多维贫困<sup>[5]</sup>。

农村多维贫困是地理学、经济学、社会学等学科领域研究热点<sup>[6,7]</sup>, 国外通过选取教育、健康、生活等多个测算维度建立一套农村多维贫困测度指标体系, 测度结果称为多维贫困指数<sup>[8]</sup>。而国内多维贫困指数的首次建立是通过家庭收入、健康状况、住房教育、饮用水、社会力量等 8 测算维度实现<sup>[9]</sup>。长期以来, 国内学者关于多维贫困的研究以定性居多<sup>[10,11]</sup>, 主要包括多维贫困测度结果影响因素、空间差异及相关政策等方面定性分析成果丰富, 而对农村贫困定量分析较少; 另外, 学者们对农村多维贫困的研究尺度不尽相同。总的来看, 侧重于从国家、省域、县域等宏观、中观尺度研究贫困程度较多<sup>[12-14]</sup>, 而针对生态环境脆弱的喀斯特山区村域尺度农村贫困程度的研究较少; 现有研究多数是对农村多维贫困的全面评价<sup>[15-17]</sup>, 对农村多维贫困的致贫因子进行深入分析, 研究其空间分异规律较少。本文以喀斯特山区盘州市为例, 以行政村为研究基本单元, 利用地理探测器、逐步回归模型结合 GIS 技术方法探索村域贫困的空间分异。定量分析农村致贫驱动因子, 揭示村域多维贫困特征及动力机制, 进而对盘州市各贫困维度进行系统分析, 有针对性的为石漠化地区的扶贫开发工程提供理论依据。

## 1 研究区概况

盘州市地处云贵高原向黔中高原过渡地带, 广西丘陵与黔西北高原之间的过渡地带<sup>[18,19]</sup>, 全境地势西北高, 东部和南部较低。位于东经 104°17'-104°57', 北纬 25°19'-26°17'之间, 地处六盘水西南部, 是贵州的西大门; 全境南北长 107km, 东西宽 66km, 国土面积 4056km<sup>2</sup>。境内旅游资源丰富, 溶洞、瀑布、森林、峡谷、湖泊、温泉不计其数; 下辖 6 个街道、14 个镇、7 个乡, 聚居着汉、彝、苗、白、回等 28 个民族。盘州市 2015 年总人口为 120.06 万人, 人均纯收入 7686 元, 仅为全国平均水平的 77.70%, 城镇化率为 20.06%, 经济发展相对落后, 属于我国 14 个集中连片特困地区中的乌蒙山区范畴。其示意图如图 1 所示。

## 2 研究方法数据来源

### 2.1 数据来源

研究数据主要涉及盘州市生态保护红线数据、石漠化数据、DEM 数据、起伏度数据、高程坡度数据、土壤侵蚀数据、村到乡镇/县距离数据、路网密度数据、植被覆盖度数据、地质灾害数据及社会经济数据。地形数据由 1:50000 地形图数字化所得; 起伏度数据由 DEM 数据采用均值变点法计算而得; 路网、地质灾害、土地利用矢量数据来源于盘州市国土资源局; 研究区行政区划数据、植被覆盖度数据、石漠化数据及生态保护红线矢量数据来源于国家遥感中心贵州分部 (贵州省遥感中心); 村域社会经济数据由各乡镇政府统筹辖区内各行政村村委会及乡镇统计员统

**基金项目:** 国家自然科学基金地区项目 (41661088); 贵州省科技计划项目 (黔科合平台人才[2017]5726-57); 贵州省高层次创新型人才培养计划—“百”层次人才 (黔科合平台人才 (2016) 5674)

**作者简介:** 吴跃 (1993—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为地理信息系统与遥感。E-mail: 1573996100@qq.com

\*通讯作者 E-mail: fa6897@163.com

计收集而来。由于研究区中的国营林场、火电厂等没有社会经济数据，对该类型区域利用 ArcGIS 合并工具进行合并，将其归并到相邻行政村中，归并后行政村个数为 474。



图 1 研究区示意图  
Fig.1 Location of the study area

2.2 研究方法

2.2.1 指标权重确定

参考相关研究<sup>[20-22]</sup>，本文从金融资本、人力资本、自然资本及环境脆弱 4 个维度选取 11 个指标构建盘州市村域多维贫困测度指标体系（表 1）。

表 1 多维贫困测度指标体系  
Tab.1 Multidimensional poverty measure index system

| 维度          | 指标       | 指标权重    | 指标 ID | 指标描述         |
|-------------|----------|---------|-------|--------------|
| 金融资本<br>(F) | 人均集体经济收入 | 0.16440 | F1    | 集体经济收入/总人口   |
|             | 人均可支配收入  | 0.01173 | F2    | 人均可支配收入      |
| 人力资本<br>(H) | 劳动人口比重   | 0.00376 | H1    | 劳动力人口/总人口    |
|             | 农业人口比重   | 0.03187 | H2    | 农业人口/总人口     |
|             | 外出务工人口比重 | 0.04513 | H3    | 外出务工人口/总人口   |
| 自然资本<br>(N) | 人均耕地面积   | 0.02607 | N1    | 耕地面积/总人口     |
|             | 生活用水困难程度 | 0.20958 | N2    | 饮水困难等级       |
|             | 森林覆盖率    | 0.00913 | N3    | 森林面积/总面积     |
| 环境脆弱<br>(E) | 地质灾害     | 0.06377 | E1    | 高易发分区分面积/总面积 |
|             | 城镇化率     | 0.18204 | E2    | 城镇人口/总人口     |
|             | 搬迁率      | 0.25252 | E3    | 搬迁人口/总人口     |

多维贫困识别时确定各指标权重方法众多<sup>[23, 24]</sup>，熵权法被广泛应用<sup>[25]</sup>，熵权法的基本原理及权重确定步骤如下：有  $m$  个评价项目， $n$  个评价指标，形成最初数据矩阵  $R=(r_{ij})_{m \times n}$ ：

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中  $r_{ij}$  是第  $j$  个评价指标下的第  $i$  个对象的评价值。在对原始数据标准化的前提下，确定每个指标权重的过程如下：

(1) 计算每一个指标值的比重  $P_{ij}$ ：

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^m r_{ij}} \quad (2)$$

(2) 计算第  $j$  个指标的熵值  $e_j$ ：

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \cdot \ln P_{ij} \quad \text{其中 } k = \frac{1}{\ln m} \quad (3)$$

(3) 计算第  $j$  个指标的熵权  $w_j$ ：

$$w_j = \frac{(1 - e_j)}{\sum_{j=1}^n 1 - e_j} \quad (4)$$

式中， $w_j$ 为采用熵权法求出的最终指标权重。

## 2.2.2 多维贫困识别方法

各维度及多维贫困识别指数（MPI）计算公式如下：

$$F = W_{F1} \times F1 + W_{F2} \times F2 \quad (5)$$

$$H = W_{H1} \times H1 + W_{H2} \times H2 + W_{H3} \times H3 \quad (6)$$

$$N = W_{N1} \times N1 + W_{N2} \times N2 + W_{N3} \times N3 \quad (7)$$

$$E = W_{E1} \times E1 + W_{E2} \times E2 + W_{E3} \times E3 \quad (8)$$

$$MPI = F + H + N + E \quad (9)$$

## 2.2.3 地理探测器

采用地理探测器<sup>[26-28]</sup>研究盘州市474个村之间多维贫困空间分异的驱动因子，若某因子与MPI空间一致性显著，则表明该因子能在一定程度上影响多维贫困空间分异格局。地理探测器 $q$ 值大小表征着驱动因子对多维贫困空间分异的影响强弱， $q$ 的值介于0到1之间， $q$ 值越大，则驱动因子对多维贫困空间分异的影响越强，反之影响越弱。 $q$ 值的计算公式如下：

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} = 1 - \frac{SSW}{SST} \quad (10)$$

$$SSW = \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2, SST = N \sigma^2$$

在本文中  $h=1,2,\dots,L$  为驱动因子的分层， $N_h$  和  $N$  分别为层  $h$  内和全区内的单位数； $\sigma_h^2$  和  $\sigma^2$  分别表示层  $h$  和全区驱动因子的方差。 $SSW$  和  $SST$  分别表示为层内方差之和以及全区总方差。

## 2.2.4 逐步回归模型

为了与地理探测器计算结果进行比较分析，本文采用逐步回归模型<sup>[29-31]</sup>筛选出解释能力强且没有严重多重共线性的变量，便于构建 MPI 多元线性回归模型。

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix}, \beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_p \end{pmatrix}, \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix} \quad (11)$$

式中  $Y$  代表多元回归函数， $X$  代表自变量矩阵， $p$  表示自变量个数， $n$  表示样本组数， $\varepsilon$  代表随机误差， $\beta$  代表标准系数。因此，逐步回归模型矩阵为：

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (12)$$

# 3 结果分析

## 3.1 村域多维贫困度量结果分析

### 3.1.1 单维贫困度量结果

采用 ArcGIS 自然间断点分级将各维度贫困指数分为 5 类，依次为低、较低、一般、较脆弱及脆弱。若行政村在某一维度的贫困等级高于一般级别，则行政村在该维度属于贫困状态。由图 2 知，自然资本维度空间分异呈现为南北高，中间低的总体格局，其贫困程度最高的行政村是包家村。金融资本维度空间分异呈现总体分布比较零散，在西部地区和南部地区呈条带状分布。人力资本维度空间分异呈现整体比较密集，聚集化特征相对更加显著。环境脆弱维度空间分异呈现北部地区零散。由表 2 可知，自然资本维度贫困的行政村有 45 个，金融资本维度贫困的行政村有 101 个，人力资本维度贫困的行政村有 201 个，环境脆弱维度贫困的行政村有 17 个。显然，人力资本维度贫困行政村数量高于金融资本维度、自然资本维度及环境脆弱维度。出现此现象原因是喀斯特山区工业生产薄弱，以农业种植为主，因山高坡陡，地形破碎复杂，无法实现农业机械化，劳动力是农业的发展关键，但因发达地区非农产业的高收入不断吸引着喀斯特贫困地区劳动力流出，造成本地劳动力数量严重缺乏。

表 2 盘州市贫困维度分级统计

Tab.2 Classification Statistics of Poverty Dimension in Panzhou City

|     | 自然资本维度 | 金融资本维度 | 人力资本维度 | 环境脆弱维度 |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 低   | 356    | 247    | 92     | 367    |
| 较低  | 44     | 99     | 115    | 57     |
| 一般  | 29     | 27     | 66     | 33     |
| 较脆弱 | 44     | 89     | 159    | 14     |

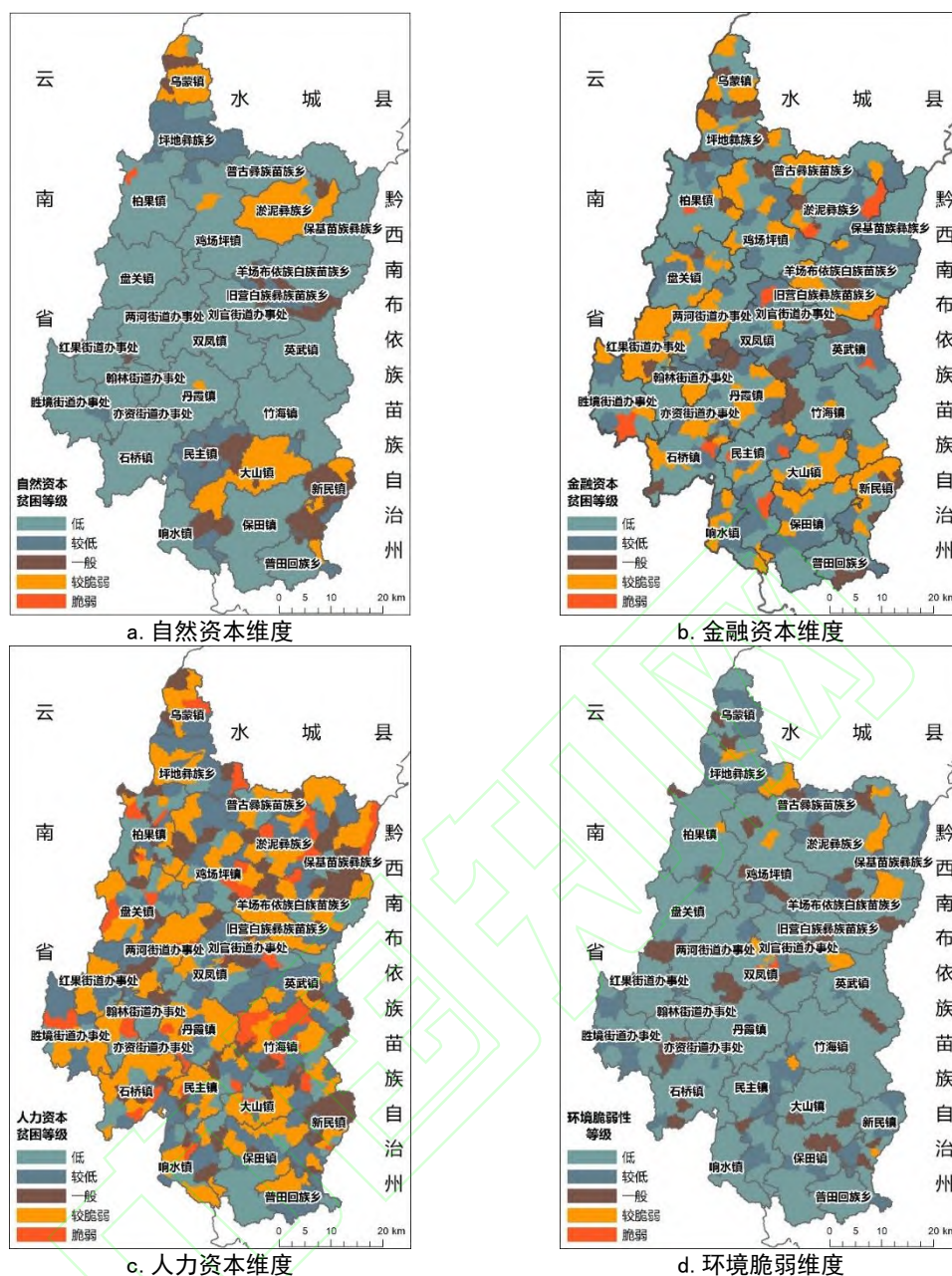


图 2 单维度贫困识别空间分布图

Fig.2 Spatial distribution of single-dimension poverty identification

### 3.1.2 多维贫困测算结果

图 2 MPI 值 “较低”和“低”等级区域涵盖 340 个行政村，约占行政村总数 71.7%；“一般”等级包含 91 个行政村，约占行政村总数 19.2%；高值区域即“较脆弱”和“脆弱”等级范围覆盖 43 个行政村，约占行政村总数 9.1%，其主要聚集在乌蒙镇、坪地彝族乡、保基苗族彝族乡、双凤镇、刘官街道办事处、红果街道办事处、胜镜街道办事处、大山镇以及新民镇等。MPI 发生率较高的村域普遍表现为村集体人力资本薄弱，农户人均可支配收入较低，自然资本不足。

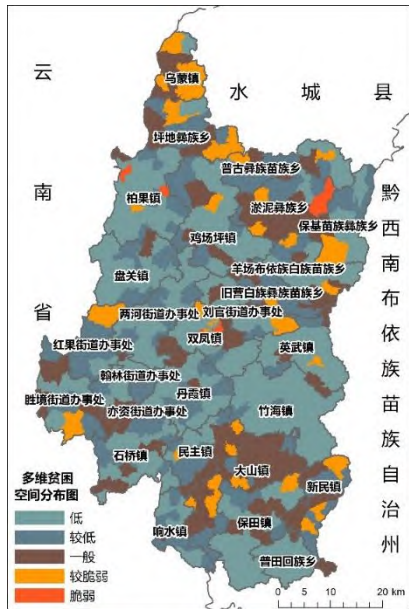


图 3 MPI 空间分布  
Fig.3 MPI spatial distribution

3.2 村域多维贫困空间异质性分析

多维贫困空间异质性地理识别难以进行定量研究，为此引入地理探测器研究多维贫困和环境因素在空间上的联系。地理探测器分析之前先运用 ArcGIS10.2 全局空间自相关工具对研究区的 MPI 进行空间自相关分析，盘州市多维贫困指数 Moran's *I* 值为 0.73，Z 值等于 6.28 且通过 1%的置信检验，这表明研究区 MPI 呈现出较显著正相关，空间集聚较强、存在空间异质性。

地理探测器是通过研究要素之间的空间分层异质性解释其背后驱动因子的方法，本文综合考虑地理区位、资源禀赋因素对盘州市行政村 MPI 空间异质性的影响，以行政村为基本单元选取生态保护红线面积比重 (*a*<sub>1</sub>)、石漠化面积比重 (*a*<sub>2</sub>)、平均高程 (*a*<sub>3</sub>)、平均坡度 (*a*<sub>4</sub>)、土壤侵蚀比重 (*a*<sub>5</sub>)、村到乡镇的距离 (*a*<sub>6</sub>)、村到县的距离 (*a*<sub>7</sub>)、路网密度 (*a*<sub>8</sub>)、植被覆盖度 (*a*<sub>9</sub>)、起伏度 (*a*<sub>10</sub>) 共计 10 个驱动因子。经地理探测器计算后，各因子对 MPI 变化的贡献率如表 3 所示，从表中可以看出，各因子贡献率大小顺序为 *a*<sub>8</sub>>*a*<sub>7</sub>>*a*<sub>1</sub>>*a*<sub>10</sub>>*a*<sub>4</sub>>*a*<sub>6</sub>>*a*<sub>5</sub>>*a*<sub>2</sub>>*a*<sub>3</sub>>*a*<sub>9</sub>，整体 *q* 值比较小，说明单个驱动因子对研究区 MPI 的空间分布解释能力较弱。通过比较 *q* 值、*p-value* (*p-value* 值越低说明其产生作用的可能性略低) 值较高的因子进行筛选，*a*<sub>1</sub>、*a*<sub>7</sub>、*a*<sub>8</sub>、*a*<sub>10</sub> 的 *q* 较大，说明其对 MPI 空间分布的解释力强，而 *a*<sub>3</sub>、*a*<sub>6</sub> 对应的 *p-value* 值较高即其产生作用的可能性较高，因此就单因子而言 *a*<sub>8</sub>、*a*<sub>7</sub>、*a*<sub>1</sub>、*a*<sub>10</sub>、*a*<sub>6</sub>、*a*<sub>3</sub> 对 MPI 空间分异起主导作用。对应的 *q* 值分别是 0.3630、0.3507、0.2921、0.2274、0.2167、0.1278。

表 3 地理探测器变量和指标

| Tab.3 Geographical detector variables and indicators |                         |    |    |            |                |
|------------------------------------------------------|-------------------------|----|----|------------|----------------|
| 驱动因子                                                 | 计算方法                    | 单位 | 分级 | <i>q</i> 值 | <i>p-value</i> |
| <i>a</i> <sub>1</sub> 生态保护红线面积比重                     | ArcGIS 字段计算器            | %  | 21 | 0.2921     | 0.8503         |
| <i>a</i> <sub>2</sub> 石漠化面积比重                        | ArcGIS 字段计算器            | %  | 6  | 0.1618     | 0.3261         |
| <i>a</i> <sub>3</sub> 平均高程                           | ArcGIS 栅格统计             | m  | 21 | 0.1278     | 0.8944         |
| <i>a</i> <sub>4</sub> 平均坡度                           | ArcGIS 坡度分析, 栅格统计       | 度  | 32 | 0.2177     | 0.1575         |
| <i>a</i> <sub>5</sub> 土壤侵蚀比重                         | ArcGIS 字段计算器            | %  | 19 | 0.1668     | 0.2744         |
| <i>a</i> <sub>6</sub> 村到乡镇的距离                        | ArcGIS 距离工具             | km | 29 | 0.2167     | 0.7270         |
| <i>a</i> <sub>7</sub> 村到县的距离                         | ArcGIS 距离工具             | km | 25 | 0.3507     | 0.2071         |
| <i>a</i> <sub>8</sub> 路网密度                           | ArcGIS 汇总统计             | %  | 22 | 0.3630     | 0.1049         |
| <i>a</i> <sub>9</sub> 植被覆盖度                          | Google Earth Engine 云计算 | %  | 18 | 0.0602     | 0.1497         |
| <i>a</i> <sub>10</sub> 起伏度                           | DEM 均值变点法               | 度  | 20 | 0.2274     | 0.2148         |

地理探测器中的交互探测器测度驱动因子间的交互作用，如表 4 可知，交互探测器探测两因子间交互作用对 MPI 空间分异的影响要大于单因子作用产生的影响。

表 4 多维贫困空间异质性影响因子之间的交互作用

| Tab.4 Interaction between multidimensional poverty spatial heterogeneity impact factors |                                                                |          |    |                                                        |                                                                 |          |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------|----|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------|----|
| C                                                                                       | A+B                                                            | 结果       | 作用 | C                                                      | A+B                                                             | 结果       | 作用 |
| <i>a</i> <sub>1</sub> ∩ <i>a</i> <sub>2</sub> =0.7915                                   | <i>a</i> <sub>1</sub> (0.2921)+ <i>a</i> <sub>2</sub> (0.1618) | <i>N</i> | NE | <i>a</i> <sub>3</sub> ∩ <i>a</i> <sub>10</sub> =0.7165 | <i>a</i> <sub>3</sub> (0.1278)+ <i>a</i> <sub>10</sub> (0.2274) | <i>N</i> | NE |
| <i>a</i> <sub>1</sub> ∩ <i>a</i> <sub>3</sub> =0.6124                                   | <i>a</i> <sub>1</sub> (0.2921)+ <i>a</i> <sub>3</sub> (0.1278) | <i>N</i> | NE | <i>a</i> <sub>4</sub> ∩ <i>a</i> <sub>5</sub> =0.8728  | <i>a</i> <sub>4</sub> (0.2177)+ <i>a</i> <sub>5</sub> (0.1668)  | <i>N</i> | NE |
| <i>a</i> <sub>1</sub> ∩ <i>a</i> <sub>4</sub> =0.7670                                   | <i>a</i> <sub>1</sub> (0.2921)+ <i>a</i> <sub>4</sub> (0.2177) | <i>N</i> | NE | <i>a</i> <sub>4</sub> ∩ <i>a</i> <sub>6</sub> =0.9567  | <i>a</i> <sub>4</sub> (0.2177)+ <i>a</i> <sub>6</sub> (0.2167)  | <i>N</i> | NE |
| <i>a</i> <sub>1</sub> ∩ <i>a</i> <sub>5</sub> =0.5754                                   | <i>a</i> <sub>1</sub> (0.2921)+ <i>a</i> <sub>5</sub> (0.1668) | <i>N</i> | NE | <i>a</i> <sub>4</sub> ∩ <i>a</i> <sub>7</sub> =0.9829  | <i>a</i> <sub>4</sub> (0.2177)+ <i>a</i> <sub>7</sub> (0.3507)  | <i>N</i> | NE |

|                          |                              |     |    |                          |                              |     |    |
|--------------------------|------------------------------|-----|----|--------------------------|------------------------------|-----|----|
| $a_1 \cap a_6=0.8003$    | $a_1(0.2921)+a_6(0.2167)$    | $N$ | NE | $a_4 \cap a_8=0.8523$    | $a_4(0.2177)+a_8(0.3630)$    | $N$ | NE |
| $a_1 \cap a_7=0.7718$    | $a_1(0.2921)+a_7(0.3507)$    | $N$ | NE | $a_4 \cap a_9=0.4121$    | $a_4(0.2177)+a_9(0.0602)$    | $N$ | NE |
| $a_1 \cap a_8=0.6080$    | $a_1(0.2921)+a_8(0.3630)$    | $B$ | BE | $a_4 \cap a_{10}=0.5221$ | $a_4(0.2177)+a_{10}(0.2274)$ | $N$ | NE |
| $a_1 \cap a_9=0.8600$    | $a_1(0.2921)+a_9(0.0602)$    | $N$ | NE | $a_5 \cap a_6=0.6970$    | $a_5(0.1668)+a_6(0.2167)$    | $N$ | NE |
| $a_1 \cap a_{10}=0.5072$ | $a_1(0.2921)+a_{10}(0.2274)$ | $N$ | BE | $a_5 \cap a_7=0.7935$    | $a_5(0.1668)+a_7(0.3507)$    | $N$ | NE |
| $a_2 \cap a_3=0.7059$    | $a_2(0.1618)+a_3(0.1278)$    | $N$ | NE | $a_5 \cap a_8=0.6584$    | $a_5(0.1668)+a_8(0.3630)$    | $N$ | NE |
| $a_2 \cap a_4=0.7715$    | $a_2(0.1618)+a_4(0.2177)$    | $N$ | NE | $a_5 \cap a_9=0.2086$    | $a_5(0.1668)+a_9(0.0602)$    | $N$ | NE |
| $a_2 \cap a_5=0.6583$    | $a_2(0.1618)+a_5(0.1668)$    | $N$ | NE | $a_5 \cap a_{10}=0.6222$ | $a_5(0.1668)+a_{10}(0.2274)$ | $N$ | NE |
| $a_2 \cap a_6=0.7857$    | $a_2(0.1618)+a_6(0.2167)$    | $N$ | NE | $a_6 \cap a_7=0.9091$    | $a_6(0.2167)+a_7(0.3507)$    | $N$ | NE |
| $a_2 \cap a_7=0.6052$    | $a_2(0.1618)+a_7(0.3507)$    | $N$ | NE | $a_6 \cap a_8=0.5748$    | $a_6(0.2167)+a_8(0.3630)$    | $B$ | BE |
| $a_2 \cap a_8=0.8100$    | $a_2(0.1618)+a_8(0.3630)$    | $N$ | NE | $a_6 \cap a_9=0.5203$    | $a_6(0.2167)+a_9(0.0602)$    | $N$ | NE |
| $a_2 \cap a_9=0.3951$    | $a_2(0.1618)+a_9(0.0602)$    | $N$ | NE | $a_6 \cap a_{10}=0.8356$ | $a_6(0.2167)+a_{10}(0.2274)$ | $N$ | NE |
| $a_2 \cap a_{10}=0.6399$ | $a_2(0.1618)+a_{10}(0.2274)$ | $N$ | NE | $a_7 \cap a_8=0.7099$    | $a_7(0.3507)+a_8(0.3630)$    | $B$ | BE |
| $a_3 \cap a_4=0.8724$    | $a_3(0.1278)+a_4(0.2177)$    | $N$ | NE | $a_7 \cap a_9=0.5143$    | $a_7(0.3507)+a_9(0.0602)$    | $N$ | NE |
| $a_3 \cap a_5=0.6978$    | $a_3(0.1278)+a_5(0.1668)$    | $N$ | NE | $a_7 \cap a_{10}=0.6958$ | $a_7(0.3507)+a_{10}(0.2274)$ | $N$ | NE |
| $a_3 \cap a_6=0.8060$    | $a_3(0.1278)+a_6(0.2167)$    | $N$ | NE | $a_8 \cap a_9=0.6022$    | $a_8(0.3630)+a_9(0.0602)$    | $N$ | NE |
| $a_3 \cap a_7=0.7622$    | $a_3(0.1278)+a_7(0.3507)$    | $N$ | NE | $a_8 \cap a_{10}=0.7336$ | $a_8(0.3630)+a_{10}(0.2274)$ | $N$ | NE |
| $a_3 \cap a_8=0.6515$    | $a_3(0.1278)+a_8(0.3630)$    | $N$ | NE | $a_9 \cap a_{10}=0.6920$ | $a_9(0.0602)+a_{10}(0.2274)$ | $N$ | NE |
| $a_3 \cap a_9=0.4944$    | $a_3(0.1278)+a_9(0.0602)$    | $N$ | NE |                          |                              |     |    |

注：N 表示  $C>A+B$ ，B 表示  $C>Max(A+B)$ ，NE(nonlinear enhancement)表示非线性增强型，BE(bi-factor enhancement)表示双因子增强型

区域多维贫困受多种因素的综合影响，利用地理探测器的交互探测发现两因子的交互作用要大于单因子作用。其中  $a_4 \cap a_6$ 、 $a_4 \cap a_7$ 、 $a_6 \cap a_7$  的影响力  $q$  值均大于 0.9，而  $a_5 \cap a_9$  的影响力  $q$  值最小，为 0.2086，驱动因子间交互作用形成盘州市 MPI 特定的空间格局。为进一步探究多维贫困发生机理，利用逐步回归模型根据预设的“F 统计”概率值探究因子间相互作用对 MPI 的影响。分析结果显示进入回归方程的各因子 VIF 值均小于 5，说明各因子间不存在多重共线性，符合回归分析条件，回归模型拟合度调整后  $R^2$  值为 0.771，表明该模型中的因子对 MPI 的解释力能达到 77.1%，模型拟合度较好。逐步回归模型分析结果显示村到县的距离 ( $a_7$ )、路网密度 ( $a_8$ )、生态保护红线面积比重 ( $a_1$ )、起伏度 ( $a_{10}$ ) 四个自变量系数分别为 0.137、0.158、-0.135、0.117，这与地理探测器的测算结果相符。通过多元线性回归分析准确的反应 MPI 与各驱动因子间的相互关系，得出最优模型为：

$$y = 0.021 + 0.137a_7 + 0.158a_8 - 0.135a_1 + 0.117a_{10} \quad (13)$$

地理探测器和多元线性回归分析结果显示研究区的 MPI 受多种驱动因子的影响，其中村到县的距离 ( $a_7$ )、路网密度 ( $a_8$ )、生态保护红线面积比重 ( $a_1$ )、起伏度 ( $a_{10}$ ) 四个因子起主导作用，平均高程 ( $a_3$ )、村到乡镇的距离 ( $a_6$ ) 起次要作用。研究区地理条件差使得农村各类资源短缺，农业、经济发展受阻。境内地表起伏大、土壤侵蚀严重、生态保护红线及石漠化面积广，极大限制了当地村民仅有耕地的耕作，粮食产出无保障。而行政村的基础设施、道路匮乏弱化了乡镇政府服务和管理职能。行政村、乡政府及县政府之间距离过远，导致政策传达不便，交流沟通困难，阻碍扶贫开发工作落实、地方经济发展。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

本文以贵州省盘州市为典型案例，借助 GIS 分析功能、地理探测器以及逐步回归模型等技术方法，测度了研究区村域尺度的多维贫困，研究其空间分异的主要驱动因子。主要研究结果如下：

(1) 在自然资本、金融资本、人力资本、环境脆弱四个维度上分别处于贫困的行政村个数依次为 45、101、201、17，其中人力资本贫困程度等级最高，贫困村个数占总行政村的 42.32%，其空间分布呈现整体比较密集，聚集化特征相对更加显著。

(2) 盘州市村域多维贫困指数差异较大。北部地区和南部地区为多维贫困主要分布区域，中部呈现零星分布状态。多维贫困指数测算结果处于脆弱状态的行政村有 43 个，约占总行政村的 9.1%，致贫原因普遍表现为村集体人力资本薄弱，农户人均可支配收入较低，自然资本不足。

(3) 地理探测器结果显示影响研究区 MPI 空间异质性的主要因子是行政村到县的距离、路网密度、生态保护红线面积比重、起伏度，而平均高程、村到乡镇的距离对其起次要作用，这与回归分析的结果一致。各因子间存在繁杂的交互作用及不存在共线性，地理探测器的交互作用探测表明双因子交互作用对多维贫困空间分异的影响大于单因子作用产生的影响。

(4) 根据多维贫困空间分异核心影响因素，采取有效的精准扶贫措施。因行政村到县的距离、路网密度、生态保护红线面积比重、起伏度、平均高程、村到乡镇的距离对研究区多维贫困空间异质性影响显著，这对盘州市的精准扶贫政策有以下启示：①研究区内道路设施不完善，不易与外界进行信息交流，应加强乡村到城镇/县城主干道及交通设施，至于远离主干道或生态保护红线面积过大的偏远山区应实施异地扶贫搬迁。②盘州市地面起伏

度大,海拔高,生态保护红线面积广,不宜发展种植业,应进一步完善公共服务设施,吸引外资投入。因盘州市旅游资源丰富,应结合其优势资源发展生态旅游产业,发展旅游业将会成为带动地区经济发展的重要引擎。

## 4.2 讨论

喀斯特山区是生态环境脆弱,农村经济贫困的复杂地区。但在多维贫困的测算过程中指标的选取、权重的确定以及用何种方法进行空间异质性分析等均会影响最终结果<sup>[32]</sup>,不同地理区位的差异也会导致计算的 MPI 不同。所以扶贫减贫政策应因地制宜,充分考虑致贫核心因素,有针对性的采取扶贫措施,填补发展短板,真正做到从输血脱贫到造血脱贫的转型。

考虑到研究区中的国营林场、火电厂等没有社会经济数据,因此将该类型区域归并到相邻行政村中,此类做法在一定程度上会影响计算结果的精度。将多维贫困数据与专业 GIS 方法技术结合,挖掘更多关于多维贫困的地理空间数据,可为日后科学实施村域精准扶贫战略政策制定提供有效理论支撑。

## 参考文献:

- [1] 熊丽. 立下愚公志共奔小康路——党的十八大以来我国扶贫开发工作取得的成就[J]. 经济, 2017(11): 14-15.  
XIONG L. Establishing the path of Yugong's aspirations to the well-off society together——The achievements of China's poverty alleviation and development work since the 18th party congress[J]. Economy, 2017(11): 14-15.
- [2] United Nations Department of Economic and Social Affairs. Millennium Development Goals Report 2015. New York, 2015.
- [3] 曲玮, 涂勤, 牛叔文, 等. 自然地理环境的贫困效应检验——自然地理条件对农村贫困影响的实证分析[J]. 中国农村经济, 2012(2): 21-34.  
QU W, TU Q, NIU S W, et al. Poverty effect test of natural geographical environment——An empirical analysis of the influence of natural geography on rural poverty[J]. Chinese Rural Economy, 2012(2): 21-34.
- [4] 罗晓珊, 蔡广鹏, 韩会庆, 等. 喀斯特山区多维贫困度时空变化特征分析——以毕节市为例[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2017, 35(1): 8-14.  
LUO X S, CAI G P, HAN H Q, et al. Temporal variation characteristics analysis of multidimensional poverty in Karst mountain areas——A case study of Bijie[J]. Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences), 2017, 35(1): 8-14.
- [5] 王文略, 毛谦谦, 余劲. 基于风险与机会视角的贫困再定义[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(12): 147-153.  
WANG W L, MAO Q Q, YU J. Redefinition of the poverty based on risks and opportunities[J]. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(12): 147-153.
- [6] 杨振, 江琪, 刘会敏, 等. 中国农村居民多维贫困测度与空间格局[J]. 经济地理, 2015, 35(12): 148-153.  
YANG Z, JIANG Q, LIU H M, et al. Multi-Dimensional poverty measure and spatial pattern of China's rural residents[J]. Economic Geography, 2015, 35(12): 148-153.
- [7] 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, 72(3): 545-557.  
LIU X P, LI Y H, WANG Y J, et al. Geographical identification of spatial poverty at county scale[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(3): 545-557.
- [8] Alkire S, Foster J. Counting and multidimensional poverty measurement[J]. Journal of Public Economics, 2010, 95(7).
- [9] 王小林, Sabina Alkire. 中国多维贫困测量: 估计和政策含义[J]. 中国农村经济, 2009(12): 4-10.  
WANG X L, Alkire S. China's multidimensional poverty measurement: Estimation and policy implications[J]. Chinese Rural Economy, 2009(12): 4-10.
- [10] 杨慧敏, 罗庆, 李小建, 等. 生态敏感区农户多维贫困测度及影响因素分析——以河南省淅川县 3 个村为例[J]. 经济地理, 2016, 36(10): 137-144.  
YANG H M, LUO Q, LI X J, et al. Multidimensional poverty measurement and influencing factor analysis at the households scale of the ecological sensitive area: A case study on three villages of Xichuan County in Henan Province[J]. Economic Geography, 2016, 36(10): 137-144.
- [11] 戢晓峰, 刘丁硕. 基于 3D 理论与 SEM 的县域交通可达性与空间贫困的耦合机制[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(7): 1467-1477.  
JI X F, LIU D S. Coupling mechanism of county traffic accessibility and spatial poverty based on 3D theory and SEM: A case study in mountains border regions of Western Yunnan[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(7): 1467-1477.
- [12] 潘竟虎, 赵宏宇, 董磊磊. 基于 DMSP-OLS 数据和可持续生计的中国农村多维贫困空间识别[J]. 生态学报, 2018, 38(17): 6180-6193.  
PAN J H, ZHAO H Y, DONG L L. Spatial identification of multi-dimensional poverty in rural China by using nighttime light and sustainable livelihoods[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(17): 6180-6193.
- [13] 郭建宇, 吴国宝. 基于不同指标及权重选择的多维贫困测量——以山西省贫困县为例[J]. 中国农村经济, 2012(2): 12-20.  
GUO J Y, WU G B. Multidimensional poverty measurement based on different indicators and weight selection——Taking poor counties in Shanxi Province as an example[J]. Chinese Rural Economy, 2012(2): 12-20.
- [14] 武鹏, 李同昇, 李卫民. 县域农村贫困化空间分异及其影响因素——以陕西山阳县为例[J]. 地理研究, 2018,

- 37(3): 593-606.
- WU P, LI T S, LI W M. Spatial differentiation and influencing factors analysis of rural poverty at county scale: A case study of Shanyang County in Shaanxi province, China[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(3): 593-606.
- [15] 崔治文, 徐芳, 李昊源. 农户多维贫困及致贫机理研究: 以甘肃省 840 份农户为例[J]. *中国农业资源与区划*, 2015, 36(3): 91-97.
- CUI Z W, XU F, LI H Y. Research on farmer multidimensional poverty and forming mechanism of poverty: A case study of 840 farmers in Gansu[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2015, 36(3): 91-97.
- [16] 石智雷, 邹蔚然. 库区农户的多维贫困及致贫机理分析[J]. *农业经济问题*, 2013, 34(6): 61-69, 111.
- SHI Z L, ZOU W R. The analysis of multidimensional poverty and poor mechanism of farmers in the reservoir area[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2013, 34(6): 61-69, 111.
- [17] 揭子平, 丁士军. 农户多维贫困测度及反贫困对策研究——基于湖北省恩施市的农户调研数据[J]. *农村经济*, 2016(4): 40-44.
- JIE Z P, DING S J. Farmers' multidimensional poverty measurement and anti-poverty countermeasures——Based on survey data of farmers in Enshi City, Hubei Province[J]. *Rural Economy*, 2016(4): 40-44.
- [18] 李阳兵, 邵景安, 周国富, 等. 喀斯特山区石漠化成因的差异性定量研究——以贵州省盘县典型石漠化地区为例[J]. *地理科学*, 2007(6): 785-790.
- LI Y B, SHAO J A, ZHOU G F, et al. Genesis difference of rocky desertification in Karst mountains——A case study of Panxian County, Guizhou Province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2007(6): 785-790.
- [19] 周忠发, 朱昌丽, 谭玮颐, 等. 基于空间开发适宜性评价的石漠化地区可持续发展研究——以贵州省盘州市为例[J]. *贵州师范大学学报(自然科学版)*, 2019, 37(1): 1-9.
- ZHOU Z F, ZHU C L, TAN W Y, et al. Research on sustainable development of rocky desertification region based on spatial development suitability——A case of Panzhou City, Guizhou Province[J]. *Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences)*, 2019, 37(1): 1-9.
- [20] 刘艳华, 徐勇. 中国农村多维贫困地理识别及类型划分[J]. *地理学报*, 2015, 70(6): 993-1007.
- LIU Y H, XU Y. Geographical identification and classification of multi-dimensional poverty in rural China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(6): 993-1007.
- [21] 罗刚, 廖和平, 李涛, 等. 地理资本视角下村级多维贫困测度及贫困类型划分——基于重庆市 1919 个市级贫困村调研数据[J]. *中国农业资源与区划*, 2018, 39(8): 244-254.
- LUO G, LIAO H P, LI T, et al. Measurement and classification for multi-dimensional poverty of poor villages from the perspective of geographical capital—based on field survey data of 1919 poverty-stricken villages in Chongqing[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2018, 39(8): 244-254.
- [22] 朱姝, 冯艳芬, 王芳, 等. 粤北山区相对贫困村的脱贫潜力评价及类型划分——以连州市为例[J]. *自然资源学报*, 2018, 33(8): 1304-1316.
- ZHU S, FENG Y F, WANG F, et al. Evaluation and classification of poverty alleviation potential of relatively poor villages in mountainous areas of Northern Guangdong Province: A case study of Lianzhou City[J]. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(8): 1304-1316.
- [23] 陈烨烽, 王艳慧, 王小林. 中国贫困村测度与空间分布特征分析[J]. *地理研究*, 2016, 35(12): 2298-2308.
- CHEN Y F, WANG Y H, WANG X L. Measurement and spatial analysis of poverty-stricken villages in China[J]. *Geographical Research*, 2016, 35(12): 2298-2308.
- [24] 王金营, 李竞博. 连片贫困地区农村家庭贫困测度及其致贫原因分析——以燕山—太行山和黑龙港地区为例[J]. *中国人口科学*, 2013(4): 2-13.
- WANG J Y, LI J B. Measurement and analysis of the family poverty in poverty-covered areas: A case study of Yanshan, Taihang Mountain and Hei Long Gang areas[J]. *Chinese Journal of Population Science*, 2013(4): 2-13.
- [25] 杨志恒, 黄秋昊, 李满春, 等. 产业扶贫视角下村域空间贫困陷阱识别与策略分析——以湘西保靖县为例[J]. *地理科学*, 2018, 38(6): 885-894.
- YANG Z H, HUANG Q H, LI M C, et al. Identification and strategy analysis of poverty alleviation traps in village area from the perspective of industry poverty alleviation: A case of Baojing County in Hunan Province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(6): 885-894.
- [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.
- WANG J F, XU C D. Geodetector: Principle and prospective[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 116-134.
- [27] 叶妍君, 齐清文, 姜莉莉, 等. 基于地理探测器的黑龙江垦区农场粮食产量影响因素分析[J]. *地理研究*, 2018, 37(1): 171-182.
- YE Y J, QI Q W, JIANG L L, et al. Impact factors of grain output from farms in Heilongjiang reclamation area based on geographical detector[J]. *Geographical Research*, 2018, 37(1): 171-182.
- [28] 王欢, 高江波, 侯文娟. 基于地理探测器的喀斯特不同地貌形态类型区土壤侵蚀定量归因[J]. *地理学报*, 2018, 73(9): 1674-1686.
- WANG H, GAO J B, HOU W J. Quantitative attribution analysis of soil erosion in different morphological types of geomorphology in karst areas: Based on the geographical detector method[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(9): 1674-1686.

- [29] 陈利, 贺丽华, 周红, 等. 贫困地区乡、村卫生资源对婴儿死亡率的影响[J]. 中国妇幼保健, 2003(3): 8-9.  
CHEN L, HE L H, ZHOU H, et al. The impact of the country health resource in the poverty district on the infants' mortality[J]. Maternal and Child Health Care of China, 2003(3): 8-9.
- [30] 朱乾宇, 董学军. 少数民族贫困地区农户小额信贷扶贫绩效的实证研究——以湖北省恩施土家族苗族自治州为例[J]. 中南民族大学学报(人文社会科学版), 2007(1): 56-60.  
ZHU Q Y, DONG X J. Empirical study of performance of RCC's microfinance in poor ethnic areas——Taking Enshi autonomous prefecture of Tujia & Miao Nationalities, Hubei Province as the example[J]. Journal of South-Central University for Nationalities(Humanities and Social Sciences), 2007(1): 56-60.
- [31] 于斌. 陕西农村贫困问题的统计研究[J]. 统计与决策, 2006(19): 86-87.  
YU B. Statistical research on rural poverty in Shaanxi Province[J]. Statistics and Decision, 2006(19): 86-87
- [32] 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.  
LIU Y S, LI J T. Geographic detection and optimizing decision of the differentiation mechanism of rural poverty in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 161-173.

## Study on Rural Poverty Measurement and Spatial Differentiation in Karst

### Mountainous Areas——A Case Study of Panzhou City

Wu Yue<sup>1,2,3</sup>, Zhou Zhongfa<sup>1,2,3\*</sup>, Zhu Changli<sup>1,2</sup>, Ma Guoxuan<sup>1,2,3</sup>, Huang Denghong<sup>1,2,3</sup>

(1 School of Geography and Environmental Science/Institute of Karst Science, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China; 2 The State Key Laboratory Incubation Base for Karst Mountain Ecology Environment of Guizhou Province, Guiyang, Guizhou 550001, China; 3 State Engineering Technology Institute for Karst Desertification Control, Guiyang, Guizhou 550001, China)

**Abstract:** The 474 villages in Panzhou city were taken as research objects, the multidimensional poverty evaluation model was established to measure multidimensional poverty in Panzhou village area, and deeply explores its spatial differentiation by combining GIS analysis function, geographic detector and stepwise regression model. Results showed that: (1) The number of poverty-stricken villages in Panzhou City in terms of natural capital dimension, financial capital dimension, human capital dimension and environmental vulnerability dimension are 45, 101, 201, and 17, respectively. The number of human capital poor villages accounts for 42.32% of the total administrative villages. (2) 43 administrative villages in Panzhou were in multidimensional poverty, accounting for about 9.1% of the total number of administrative villages, mainly distributed in the northern and southern regions of Panzhou, and scattered in the central region; (3) The multidimensional poverty spatial heterogeneity of the dominant factor were the distance from incorporated villages to county, the density of road network, ecological protection area proportion, terrain relief, and average height, the distance of the village to township of its secondary role, interaction between all the driving factors and the influence of the spatial heterogeneity of multidimensional poverty was greater than the effect of the single factor effect. The quantitative measurement of multidimensional poverty in Panzhou city was carried out, and the driving force of spatial differentiation was explored, so as to provide a basis for the formulation of poverty alleviation policies in rocky desertification areas and the promotion of regional sustainable development.

**Keywords:** Geographic detector; Multidimensional poverty; Spatial differentiation; Vulnerability; Rock desertification