



中国农业资源与区划

Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning

ISSN 1005-9121, CN 11-3513/S

《中国农业资源与区划》网络首发论文

题目：川西北高原藏区贫困化地域分异机制研究
作者：景勇，左玲丽，陶帅，向珈瑶，彭文甫
网络首发日期：2021-12-02
引用格式：景勇，左玲丽，陶帅，向珈瑶，彭文甫. 川西北高原藏区贫困化地域分异机制研究[J/OL]. 中国农业资源与区划.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.s.20211130.1247.016.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。

·精准扶贫·

川西北高原藏区贫困化地域分异机制研究*

景勇^{1,2}, 左玲丽^{1,2}, 陶帅^{1,2}, 向珈瑶^{1,2}, 彭文甫^{1,2*}

(1. 地理与资源科学学院, 四川师范大学, 成都 610068;

2. 西南土地资源评价与监测教育部重点实验室, 四川师范大学, 成都 610068)

摘要 [目的]川西北高原藏区是贫困人口聚集区和脱贫攻坚的主战场, 开展贫困化地域分异机制研究巩固脱贫成果与乡村振兴具有重要的理论意义, 然而对贫困化地域分异机制仍然难以准确理解。[方法]应用地理探测器、空间自相关和 GIS 空间分析等模型, 探究川西北高原藏区贫困化分异的主导因素, 揭示影响因素对农村贫困化地域分异和贫困发生率变化的交互影响, 确定影响贫困变化的各主要因子适宜特征。[结果] (1) 农村贫困化的空间分布存在三大热点区域和三个小热点区域; 高-高聚集(HH)、低-低聚集(LL)、低-高聚集(LH)异常值区域。(2) GDP 密度、湿润指数、年降水量、人均耕地、人口密度、总辐射等 6 个因子是农村贫困化地域分异的主导因子。(3) 农村贫困化分异机制差异显著, 存在自然制约型、交通制约型、经济制约型和社会制约型等 4 种类型。(4) 各因子之间呈相互增强和非线性增强关系, 两种因子的交互作用增强单因子对贫困化的影响, 研究揭示的影响贫困发生率各主要因子最适宜特征, 有助于更好地理解不同维度因素对贫困发生率影响及其驱动机制, 为巩固扶贫成果提供参考依据。[结论]川西北高原藏区农村贫困化地域分布是多种因素共同作用的结果, 进入后扶贫时代, 应当对热点地区、主导因素和不同类型贫困村进行精准施策, 加快基础设施建设, 发展特色农牧业和旅游业, 构建多种产业模式。

关键词 农村贫困化 地域分异 地理探测器 岷江上游

中图分类号: F323.8; C913.7

文献标识码: A

0 引言

贫困是世界共同面临的全球性挑战之一, 农村贫困更是影响发展中国家实现社会稳定与可持续发展的关键问题。自改革开放以来, 中国农村贫困发生率从 1978 年的 30.7%减少至 2019 年的 0.6%^[1,2], 为世界扶贫减贫事业作出卓越贡献。但由于城乡二元结构及薄弱的农村经济社会基础, 脱贫攻坚形势依然严峻^[3,4]。截止 2019 年底, 中国仍有 551 万人尚未脱贫, 贫困人口规模数量依然庞大, 许多脱贫人口仍存在较大的返贫风险。

贫困问题引起国内外学者的广泛关注^[5,6], 相关学者对农村贫困问题的研究主要集中在贫困识别、方法模型、致贫因素、贫困尺度、空间布局 and 类型划分等方面^[7]。在贫困识别方面, 学者主要对贫困理解由单纯收入贫困延伸到多维贫困、贫困空间分布、不同尺度区域单元贫困等的识别^[8,9]、致贫因素识别^[6,10,11]。从贫困空间类型划分^[12-13]和减贫路径^[14-16]等方面^[7], 对贫困空间分布进行研究, 为制定扶贫战略提供更精准的参考依据。就研究尺度而言, 现有研究多集中于宏观、中观尺度, 在乡镇及村域尺度上的研究相对较少^[5,17,18]。从地域类

作者简介: 景勇(1994—), 男, 四川绵阳人, 硕士研究生, 研究方向: 资源与环境遥感

*通讯作者: 彭文甫(1964—), 男, 四川乐山人, 博士, 副教授, 主要从事国土资源遥感, Email: pwfzh@126.com

*资助项目: 教育部人文社科规划基金“川西北高原藏区平贫困化地域分异特征及精准扶贫创新对策”(17YJA850007); 国家自然科学基金项目“基于 LUCC 扰动影响的成都平原土地生态安全维持机理”(41371125)。

型看, 现有的研究更多地关注深山地区、干旱地区、高原地区^[19,20]等生态敏感区的贫困问题, 对丘陵山区的贫困研究相对较少^[10]。从研究方法来看, 国内对农村贫困化的相关研究侧重于定性分析, 主要包括机理、原因和政策措施等方面^[5, 14, 21], 过渡到对农村贫困化的定量研究^[11]

近年来, 许多空间统计学与计量模型被用于研究影响区域贫困化的驱动因素^[7, 22]。Ihtsham Ul Haq Padda^[23] 2013 年应用主成分分析对农村的多维贫困和贫困水平进行研究。Esperanza Vera-Toscano^[24]使用来自家庭面板调查的数据对 1991-2008 年英国经济危机之前农村贫困动态是否发生变化进行研究。Liu^[18]以河北省阜平县为案例, 运用地理探测器、多元线性回归等模型方法对县域农村贫困化分异的主导因素、不同贫困化地域类型的扶贫政策与模式进行研究。Huang^[10]以村域为研究单元, 采用空间自相关、核密度估计、地理探测器等模型方法研究江西省于都县农村贫困地理格局及其分异特征、农村贫困化的主导因子。Zhou^[16]以安徽省利辛县为例, 运用空间自相关分析和地理探测器模型, 对平原农区是否存在空间贫困陷阱、农村贫困化主导因子、贫困化地域分异机制进行研究。Wu^[7]通过空间自相关分析、分组分析方法、逐步回归、地理加权回归和地理探测器模型等方法, 对国家扶贫开发重点县山阳县的农村贫困化的空间格局、类型、农村贫困化影响因素进行探究。

上述研究对认识贫困化及其影响因素具有重要意义, 为指导我国制定反贫困战略和政策的制定提供重要参考^[11], 但对贫困化驱动因素^[17]以及对各因素之间交互作用的定量分析考虑较少^[7]。我国农村贫困人口逐渐向深石山区、高寒地区、民族和边境区等中西部地区集聚^[25], 呈现贫困户、贫困村、贫困县、贫困区(片)等多级并存的空间分布格局。川西北高原藏区属于贫困人口聚集与农村经济落后的复合区域, 全球约有 12 亿极度贫困人口生活在山区^[23]。针对国家乡村振兴战略, 亟待加强对农村贫困化的空间格局和分异机制的研究, 促进贫困地区精准脱贫与乡村振兴战略的有机衔接^[16]。因此, 理解川西北高原藏区农村贫困化基本特征和农村贫困化的主导因素具有重要意义。

本研究拟利用贫困村贫困数据与多源遥感数据、社会经济数据通过机器学习方法与随机森林模型耦合形成可以验证与泛化应用的贫困发生率估算模型, 在现有最小的村级研究尺度上推进至格网水平, 弥补贫困数据来源的面板单一性与缺失性, 提供研究空间贫困现象的长效观测方法。本研究通过多源数据对岷江上游空间贫困分异特征及机制与致贫主导因素进行判断, 为后扶贫时代探究川西北高原藏区如何巩固扶贫成果提供理论依据。

1 研究区概况

岷江上游地处四川盆周丘陵山地向青藏高原的过渡地带, 位于 102°34'~104°14'E, 30°45'~33°12'N 之间, 主要包括松潘、黑水、茂县、理县、汶川等 5 县, 面积约 24753.42km² (图 1)。地貌以高原和高山峡谷为主, 地势西北高东南低, 起伏大, 平均海拔约为 3400m, 且地质结构复杂, 新构造活动强烈, 多地震、滑坡、泥石流等地质灾害。岷江上游气候区划包括中亚热带、北亚热带、高原气候区, 垂直差异明显; 具有干、雨季分明、降水分配不均的特点, 年均降雨量约为 637.7 mm, 且 80%以上降雨集中在 5~10 月, 多为强度较大而短暂的暴雨; 气温较低且年差较小、日差较大, 年平均气温为 11°C, 日照充足, 年平均陆面蒸发量达 793.4 mm; 河谷焚风效应显著, 年降雨量最低不足 500 mm, 蒸发量达 1340 mm。随着海拔和水热条件的变化, 植被和土壤类型具有明显的垂直地带性。2015 年岷江上游人口为 39.17 万人, GDP 总值为 148.73 亿元, 其中第一、二、三产业比重分别为 10.11%、64.77%、25.12%。岷江上游的特点是特困地区、山区、高原藏区“三区合一”。

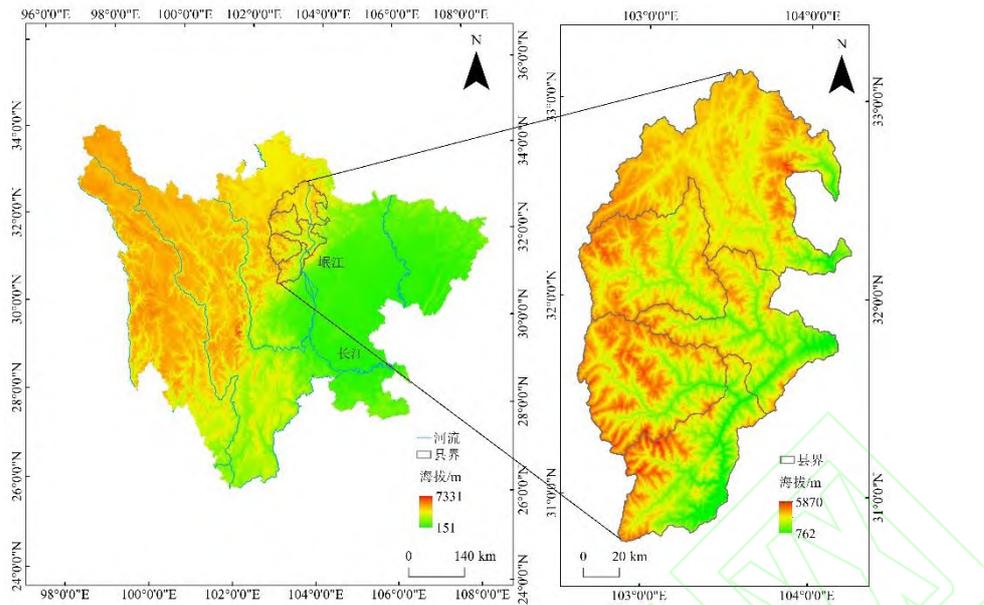


图1 研究区位置

2 研究方法

2.1 数据来源及预处理

研究数据类型有贫困发生率、贫困村、SRTM DEM、NDVI、人文、气候、地貌、地形、植被、土壤等(表1)。SRTM DEM(30 m)来源于美国地质调查局(<http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/>)；NDVI 数据为 MODIS MOD13Q1 产品，空间分辨率为 250 m，来源于美国国家航空航天局(NASA)；GDP 密度、人口密度、道路、Landsat 8OLI/TRS 遥感影像、气候、地貌、地形、植被、土壤等数据均来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>)；其中 GDP 密度、人口密度、道路状况和年降水量采用 2015 年数据。

应用 MODIS 重投影工具(MRT)，将 MODIS MOD 13Q1 产品的正弦曲线投影转换为 UTM 投影，投影坐标系设置为 WGS_84；土地利用数据来源于 2015 年 Landsat 8 遥感影像解译；距贫困村距离、距县城距离、距乡镇距离、距道路距离、距河流距离等通过 GIS 技术获取；海拔、坡度、坡向、起伏度等因子通过数字高程模型(DEM)计算获取等。研究数据均统一设置为 WGS_1984 投影坐标和 GCS_WGS_1984 地理坐标。

表1 贫困化地域分异影响因子指标

类型	代码	因子指标	单位	分辨率	类型	代码	因子指标	单位	分辨率
地形要素	x_1	高程	m	30 m	植被土壤	x_{13}	植被	类	1 km
	x_2	坡度	°	30 m		x_{14}	土壤类型	类	1 km
	x_3	坡向	°	30 m	经济要素	x_{15}	GDP 密度	元/km ²	1 km
	x_4	地形起伏度	°	30 m		x_{16}	人口密度	人/km ²	1 km
	x_5	地貌	类	1 km		x_{17}	土地利用	类	1 km
气候要素	x_6	≥10°C积温	°C	1 km	x_{18}	人均耕地	亩/人	30 m	
	x_7	年均降水量	mm	1 km	x_{19}	距县城距离	m	30 m	

x_8	年均温	°C	1 km	x_{20}	距乡镇距离	m	30 m
x_9	干燥度指数	级	1 km	x_{21}	距道路距离	m	30 m
x_{10}	湿润指数	级	1 km	x_{22}	距贫困村距离	m	30 m
x_{11}	总辐射	MJ/m ²	1 km	x_{23}	距河流距离	m	30 m
x_{12}	NDVI	-	250 m				

2.2 相关分析

本研究从地形、气候、自然环境、经济因素 4 个维度选取 23 个影响因子, 采用 Pearson 相关系数, 检验贫困发生率与各因素之间相关性。Pearson 相关系数计算公式:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

式中, r 为两个变量的相关系数, 其值在(-1,1); x_i 、 y_j 分别为变量样本值; \bar{x} 、 \bar{y} 为变量样本均值。当 $r > 0$, 两个变量的关系为正相关, 当 $r < 0$, 两个变量的关系为负相关, 当 r 的绝对值趋于 1, 两个变量之间存在很强相关性, 当 r 的绝对值趋于 0, 两个变量之间相关性很弱。

2.3 最邻近指数

最邻近指数是揭示点状事物在地理空间中相互邻近水平的地理尺度, 通常点状要素的空间散布类别有匀称、随机和会聚三种空间分布类别^[27]。最邻近指数公式为:

$$\bar{r}_i = \sum_{i=1}^n \frac{r}{n}, \bar{r}_e = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{n}{A}} = \frac{1}{2} \sqrt{D} \quad (2)$$

$$R = \frac{\bar{r}_i}{\bar{r}_e} \quad (3)$$

式中: R 为最邻近指数, r 为某一贫困村与临近点之间的距离, \bar{r}_i 为临近距离平均值, \bar{r}_e 为最邻近距离理论值, n 为点状要素即贫困村个数, A 为研究区域总面积, n 与 A 之比为密度 D 。当 $R < 1$ 时, 所表现的模式为聚类; 当 $R = 1$ 时, 表明点状要素散布为随机型; 当 $R > 1$ 时, 则所表现的模式趋向于离散或竞争。

2.4 核密度分析

核密度分析是在概率论中用于估计给定变量部分样本的未知密度函数, 能够清楚的表达变量的分散或离散特征, 属于非参数检验方法之一。GIS 空间分析中可以使用核密度分析估计变量的周围邻域地理空间分布密度。为更为清楚地分析贫困村空间分异格局, 本文以贫困发生率作为加权字段值对贫困村进行核密度分析^[27], 其公式如下:

$$D = \frac{1}{r^2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{3}{\pi} \text{pop}_i \left(1 - \left(\frac{\text{dist}_i}{r} \right)^2 \right)^2 \right] \quad (4)$$

式中: D 为某一像元(x,y)位置的预测核密度, r 为搜索带宽, n 为带宽 r 范围内的贫困村数量, pop_i 为第 i 点的加权字段值即贫困发生率, dist_i 为第 i 点到像元(x,y)的距离。考虑到岷江上游地区村域之间存在巨大的面积差异, 因此使用默认带宽进行搜索。 D 值越大, 代表核密度越高, 附近的贫困村集聚程度越深。

2.5 空间自相关

空间自相关模型是进行空间分析的基本地理学方法之一^[28,29], 主要包括全局和局部两种空间自相关分析方法。本文以岷江上游平均村域面积生成格网, 利用全局空间自相关分析区域贫困化的空间格局。Moran's I (墨兰指数) 计算模型如下^[30]:

$$I = \frac{n}{S_0} \times \frac{\sum_i^n \sum_j^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

式中: n 表示区域内的空间单元数量; S_0 表示各空间权重矩阵之和; w_{ij} 表示空间单元的

空间权重矩阵； x_i 、 x_j 分别表示不同空间要素单元的观测值； \bar{x} 表示各观测值的均值。Z 值的显著性通常用 Moran's I 指数来检验，其计算公式如下：

$$Z = \frac{1-E[I]}{\sqrt{VAR[I]}} \quad (6)$$

全局空间自相关分析能够从空间的角度识别贫困发生率的属性值是否存在集聚特征，但这只能用于特征检验，不能具体表达出集聚区位置。

2.6 指标选取、信息提取与分级

岷江上游作为青藏高原的延伸部分，地貌复杂，气候、植被与土壤的多样性与垂直梯度显著、人类活动的强烈扰动，导致生态环境的复杂性与脆弱性。虽然农村贫困分异的影响因素十分复杂，但各种自然与人文因子会对农村贫困分异产生综合作用。在典型性、系统性、科学性、动态性、可量化和可获取等原则基础之上，本文选取社会经济、地形、地貌、气候、土壤、植被等 6 个大类数据，共 23 个因子（如表 1），探测这些因子对岷江上游贫困分异的驱动影响。在 GIS 按照 1km×1km 格网，随机生成 24709 个采样点文件，删除无效采样点，获得 23161 个有效随机采样点（图 2），然后根据空间位置关联随机采样点的贫困发生率与所有因子的数据生成属性表，计算贫困发生率与各对应因子之间的定量关系。

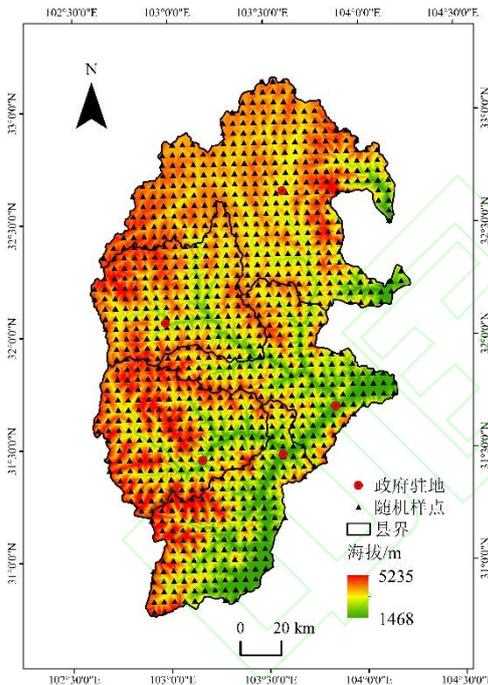


图 2 岷江上游随机样点

本文除土地利用、地貌、土壤、植被等因子按照类型进行分级，分别划分为 6 类、7 类、18 类和 8 类，其余因子均按照自然断点法进行分级^[1]，GDP 密度、人口密度、距县城距离、距乡镇距离、距道路距离、距河流距离、年均温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、年均降水量、湿润指数、总辐射、海拔、坡度划分为 12 级，坡向划分为 9 级，干燥度指数划分为 6 级。

2.7 地理探测器模型

地理探测器是一种探测空间分异性并揭示其驱动因素的空间统计分析模型^[1, 31]。

(1) 空间分异与因子探测：探测区域贫困发生率的空间分异性以及探测候选因子能在多大程度上解释贫困发生率的空间分异性。计算步骤为：首先要将贫困发生率图层与各因子的图层进行空间叠加分析；其次是对因子的不同空间类别进行分区或分类；第三需要检验因

子均值差异的显著性以及探测各因子之间的相对重要性。因子解释力(q)模型表达式^[31]如下:

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

式中, q 的取值范围为[0,1], q 值越大, 表示某因子对贫困发生率的解释力越强; $h=1, L$ 表示变量(Y)或因子(x)的分类或分区; N_h 和 N 分别表示层 h 和区域单元数; σ_h^2 和 σ^2 分别表示层 h 和区域 Y 值的方差; SSW 与 SST 分别表示层内方差之和与区域总方差。

区域 Y 值的方差计算模型如下:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (8)$$

式中, Y_i 和 \bar{Y} 分别表示样本 i 的值与区域 Y 的均值。

$$\sigma^2 = \frac{1}{N_h-1} \sum_{i=1}^{N_h} (Y_{h,i} - \bar{Y}_h)^2 \quad (9)$$

式中, Y 和 \bar{Y} 分别表示在层 h 内样本 i 的值与均值。

(2) 因子交互作用探测: 用于识别各风险因子间的交互作用^[31], 即评估因子(x_i)和(x_j)的共同作用对贫困发生率的解释力是增加还是减弱, 或者评估这些因子能否对贫困发生率产生相互独立的影响。首先要计算两个因子(x_i)和(x_j)对贫困发生率(Y)的 q 值; 其次是计算两个因子(x_i)和(x_j)交互的 q 值, 并且对 $q(x_i)$ 、 $q(x_j)$ 与 $q(x_i \cap x_j)$ 进行比较。

(3) 风险区探测: 用于分析两个因子子区域之间的属性均值是否存在显著差异^[31], 用探寻贫困发生率较高的区域。风险探测采用(t)统计量来检验:

$$t = \frac{\bar{Y}_{h=1} - \bar{Y}_{h=2}}{[\frac{Var(Y_{h=1})}{n_{h=1}} + \frac{Var(Y_{h=2})}{n_{h=2}}]^{1/2}} \quad (10)$$

式中: \bar{Y}_h 为子区域 h 内贫困发生率的属性均值, n_h 表示子区域 h 内的样本数目, Var 代表方差^[14]。

(4) 生态探测: 用于对比两个因子(x_i)比(x_j)对贫困发生率的空分影响是否存在显著差异^[31], 可判断因子(x_i)比(x_j)对贫困发生率的空分分布能否产生更重要的影响力。探测因子(x_i)比(x_j)对贫困发生率的空分分布影响是否存在显著差异, 用(F)统计量来衡量^[31]:

$$F = \frac{N_{x_j} \times (N_{x_j} - 1) \times SSW_{x_i}}{N_{x_i} \times (N_{x_i} - 1) \times SSW_{x_j}} \quad (11)$$

$$SSW_{x_i} = \sum_{h=1}^{L_i} N_h \sigma_h^2, \quad SSW_{x_j} = \sum_{h=1}^{L_j} N_h \sigma_h^2 \quad (12)$$

式中: N_{x_i} 及 N_{x_j} 分别为两个因子的样本数量; SSW_{x_i} 和 SSW_{x_j} 分别为由两个因子形成分层的层内方差之和; L_i 和 L_j 分别为因子(x_i)和(x_j)分层数量。

3 结果与分析

3.1 贫困村总体分布特征

岷江上游贫困村在空间分布上存在集中连片与片区外“插花式”分布格局(图3)。黑水县东南部与茂县西部组成高贫困发生率的贫困村连片塌陷区域, 松潘县东部、理县东部也存在贫困村集中连片区域, 汶川县以插花式分布为主。在汶川县与茂县东南侧、理县与黑水县西侧、松潘县北部区域贫困村分布均较为稀少, 这一现象受各县县城经济辐射所致, 与各县社会经济发展状况相关。

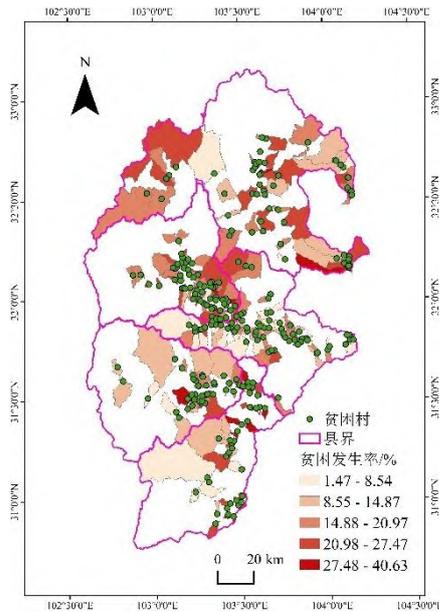


图 3 贫困村空间分布

利用最邻近指数工具分别计算岷江上游地区与五县贫困村空间分布类型，结果如下表。可以发现，所有最邻近指数 R 值均小于 1，且均通过显著性检验 p 小于 0.05。不论是岷江上游地区或是区域内五个县份，其贫困村空间分布均属于集聚型，只是集聚程度有所差别。其中，汶川县、黑水县与松潘县贫困村在集聚模式上与岷江上游相似，黑水县在贫困村分布集聚效应上更为显著；而茂县、理县则具有更为分散的集聚模式。

表 2 岷江上游地区贫困村空间分布类型

区域	贫困村数量 (个)	最邻近指数 R	Z 值得分	p -value	空间分布类型
岷江上游	256	0.588486	-12.596073	0.000	集聚
汶川县	37	0.597002	-4.689588	0.000	集聚
茂县	64	0.707335	-4.479115	0.000	集聚
理县	36	0.640607	-4.125270	0.000	集聚
黑水县	64	0.559834	-6.736544	0.000	集聚
松潘县	55	0.589694	-5.821303	0.000	集聚

运用空间自相关工具对岷江上游贫困村分布空间格局进行分析。在默认邻域搜索半径下，Moran's I 指数值为 0.207，说明贫困村布局具有较强的空间相关性，岷江上游贫困村分布与其所处的地理位置有关。Z 值得分为 7.567， p 值为 0.000，表明空间自相关工具所观察到的空间模式不属于随机过程，贫困村空间分布与最邻近指数检验出的结果一致，存在明显的集聚特征，且具有空间正相关模式（图 4）。

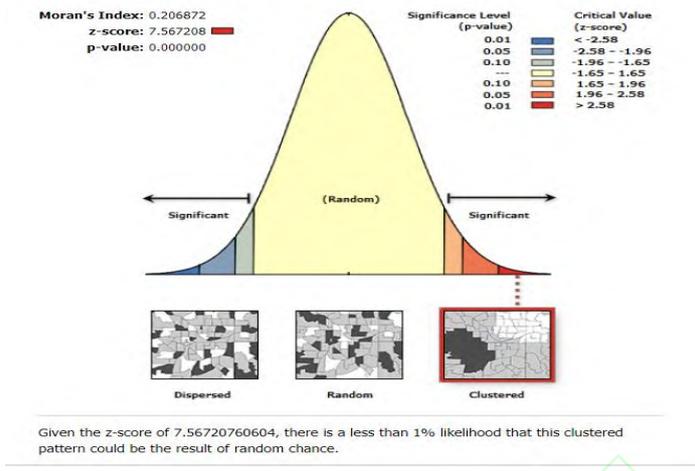


图 4 贫困村空间自相关

3.2 贫困村区域分异特征

基于贫困村样本点用核密度分析方法探讨贫困现象的局部集聚特征,可得到贫困村集聚中心。将贫困村核密度分析结果按自然断点法分为 5 类,核密度值最大的一类称为贫困村集聚区,其取值范围在 1.27~2.15 个/25km²。整体来看,岷江上游贫困村空间分布主要存在 1 个核心集聚区和 4 个次级集聚区。核心集聚区分布在黑水县东南部。次级集聚区分别分布在理县中部;汶川县东北部;松潘县东南部及县城附近。特别是松潘县城附近存在贫困村次级集聚,表明该区域内部发展差距较大,县域经济辐射较弱。结合贫困村集聚趋势来看,贫困村空间分布存在明显带状延伸,这与岷江上游地区山高谷深、沟谷纵横的地形地貌高度相关。

通过统计各村平均贫困村分布密度,利用优化热点分析工具探讨贫困村空间集聚状况。在核密度分析的基础上,可发现岷江上游贫困村存在显著的集聚现象。黑水县东南部与茂县西北部联结形成数量最多、辐射面积最大的贫困村热点集聚区。此外,理县东部与汶川县东北部联结区域,松潘县中部区域分别形成 2 个相对较小但极为显著的贫困村热点集聚区。贫困村密度低值主要分布在 3 个冷点区域,分别是茂县东南部、理县西部以及茂县北部与松潘南部联结区域。

利用聚类和异常值分析对贫困村分布密度进行高/低值聚类分析,发现前文所述的热点区域都存在高高集聚,但与此同时在其周围又形成异常值区域,即高低集聚(图 5)。这一结果表明,贫困村集聚区域是岷江上游最容易出现空间贫困陷阱的区域,需要持之以恒的关注与帮扶。

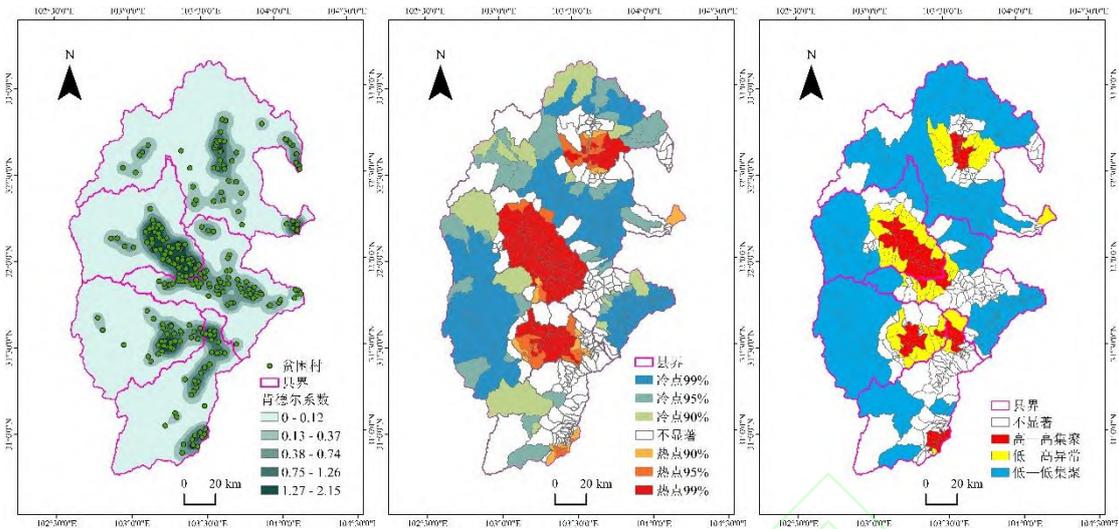


图5 贫困村区域分布特征

(左：加权核密度分析结果；中：加权热点分析结果；右：聚类与异常值分析结果)

3.3 贫困化空间分布格局

区域贫困发生率在空间布局上呈现出集聚特征，西部、中部和北部地区的贫困发生率高，南部和北部边缘、东北部等地区较低，贫困发生率在存在空间格局上存在明显的地域分异(图6)。从地理分布来看，在川西北高原藏区农村贫困人口最集中、贫困程度最深的区域是高半山区和边远牧区。其中，黑水县大部，松潘东北部和南部局部地区贫困发生率最高，介于21.29~32.25%；汶川东部和南部，松潘北部、西北部和东部部分地区，贫困发生率最低，小于3.73%。

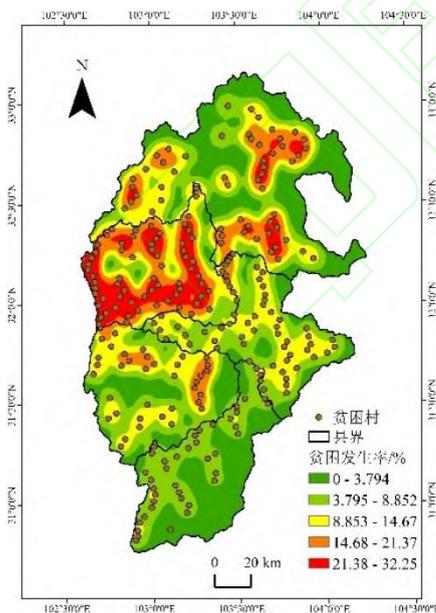


图6 贫困发生率空间格局

通过 GIS 空间自相关分析表明，乡镇尺度和村级尺度的贫困发生率空间格局的 Moran's I 指数分别为 0.779893 和 0.711936，Z 值得分分别为 5.884709 和 57.247664，均大于 1.65 的临界值，P 值均为 0.0000，置信度大于 95%，出现集聚的可能性大于随机，反映出贫困发生

率空间分布存在明显的聚集特征，且呈空间正相关模式（图 7）。

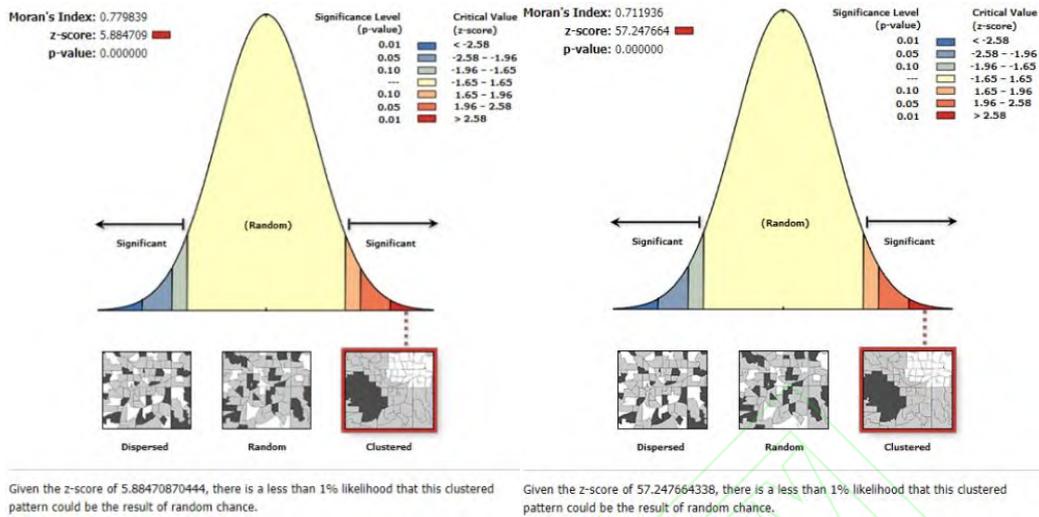


图 7 贫困发生率空间自相关（左为乡镇尺度，右为村级尺度）

GIS 热点分析表明，贫困发生率的高值集中分布在 3 大热点区域和 3 个小热点等 6 个热点区域，其中大热点区域分别在黑水县中部、北部、东都和南部地区，松潘县的中部和南部地区，小热点区域主要分布在汶川县北部和东南部地区，松潘的东部地区（图 8）。因此，研究分析影响农村贫困化地域分异的主要因素和分布特征，对巩固脱贫成果具有重要意义。

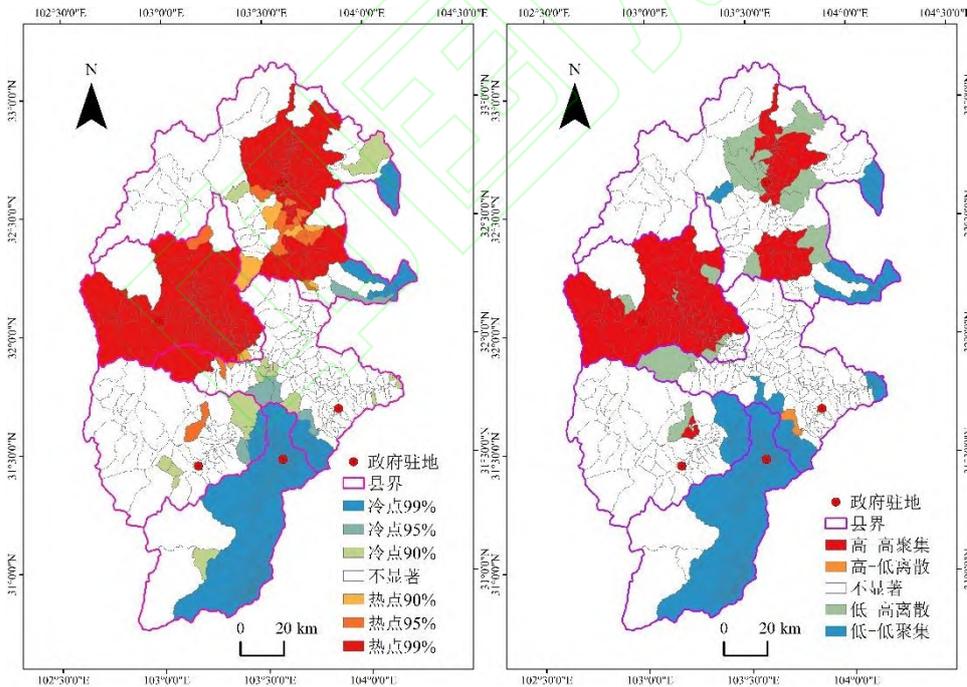


图 8 贫困发生率冷热点（左）与聚类（右）

3.4 探测因子影响力分析

3.4.1 贫困发生率地域分异因子

通过计算因子的 q 值，探测因子对贫困发生率的影响力（表 3）。各因子对贫困发生率

影响程度的排序为：GDP 密度>湿润指数>年降水量>人均耕地>人口密度>总辐射>距贫困村距离>地貌>年均温>高程>距乡镇距离>土壤>地形起伏度>距县城距离>植被> $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温>距河流的距离>距道路的距离>NDVI>坡度>干燥度指数>坡向>土地利用。

表 3 因子 q 值

因子	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
q	0.0210	0.0025	0.0014	0.0116	0.0315	0.0096	0.0916	0.0271	0.0016	0.1020	0.0555	0.0040
p value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
因子	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}	x_{20}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	
q	0.0100	0.0196	0.1027	0.0556	0.0007	0.0643	0.0114	0.0208	0.0059	0.0404	0.0072	
p value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.235	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

据表 3 可知，首先，GDP 密度、湿润指数和年降水量的 q 值最大，分别达 0.1027、0.1020 和 0.0916 以上，解释力均在 9%以上，因此，GDP 密度、湿润指数和年降水量是影响贫困发生率的主要因子；其次，人均耕地、人口密度、总辐射和距贫困村距离的 q 均值分别达 0.0643、0.0556、0.0555、0.1546 和 0.0404，解释力均在 4%以上；第三，地貌、年均温、高程、距乡镇距离和土壤的 q 值介于 0.0196~0.0315，解释力均在 1.96%以上；第四，其余因子的 q 值小于均 0.0116。尽管地形起伏度、距县城距离、植被、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温等单个因子解释力影响很小，但与其他因素相结合，对贫困发生率影响较大。

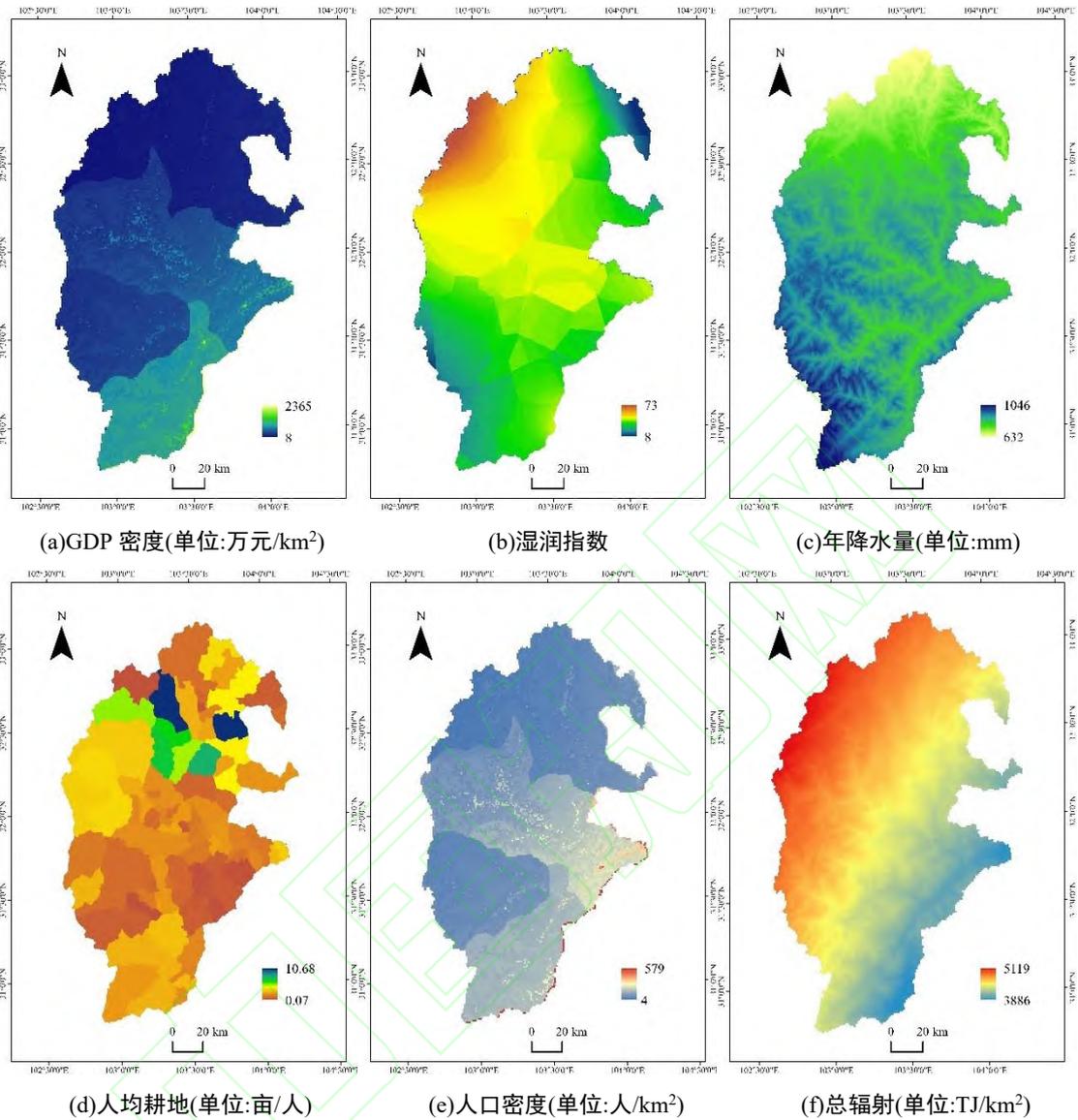


图9 贫困化地域分异主导因子空间格局

3.4.2 探测因子指示作用分析

根据地理探测器模型,探测各候选因子影响贫困发生率变化的适宜类型或范围(如表4),且要通过95%置信水平上的统计意义检验。贫困发生率的值越大,各因子的特征更适合贫困发生率的变化,不同因子贫困发生率的均值差异明显。

表4 因子适宜限制(置信水平95%)

代码	因子指标	单位	贫困发生率适宜类型或范围	贫困发生率均值	所在分级
x ₁	高程	m	3050~3319	10.75	6
x ₂	坡度	°	28~32	10.06	6
x ₃	坡向	°	67.5~112.5	10.11	4
x ₄	地形起伏度	°	235~280	10.62	5
x ₅	地貌	类	中起伏山地	11.11	5

态环境承载限度内发展生态旅游业；对地处偏远、生存环境恶劣、基础配套匮乏，不适宜居住的区域，进行易地扶贫搬迁，逐步实施贫困人口搬迁安置工程。

(2) 交通制约型。该类型区域距县城和距主要道路都较远，对外联系受限于区位较差的制约。由于高半山地区、边远牧区以及大骨节病区的自然条件差、交通不便、基础设施落后，贫困程度深，扶贫成本更高，脱贫难度更大，末端工程更加突出，“最后一公里”问题十分严重，而现有基础设施基本属于“保生存型”供给，生活用电不稳定、通讯信号不强等现象明显，不仅严重限制区域贫困村脱贫，更制约贫困村发展区域特色产业致富。因此，应加强道路基础设施建设，吸引外资投入，发展优势产业，制定优惠措施，扶持电商发展。

(3) 经济制约型。该类区域受限于经济发展水平和资源禀赋状况，产业相对落后，经济总量小、底子薄、欠发达、不平衡是川西北高原藏区基本情况，人均 GDP 达到 23618 元，仅为四川省平均水平的 64.1%；农村居民人均可支配收入为 9711 元，占全省平均水平的 94.8%，这对贫困问题的解决产生不利影响。因此，应重点加强公共基础服务设施建设，整合优化资源，发展特色农业和生态旅游；应优化投资渠道，吸引外资和社会资金，大力发展特色经济。

(4) 社会制约型。该类型受社会保障服务制约较大，高半山地区、边远牧区等特殊困难区域的基础设施落后，受限于社会基础保障问题，住房、医疗、教育服务不健全。重大疾病的治疗费用超出一般家庭的承受范围，报销限额偏低，报销比例亟待提高，同时，大骨节病、地氟病、包虫病等地方病仍然比较严重，贫困户因病致贫返贫的问题依旧很严重。因此，应提高医疗保障服务水平，降低医疗负担，健全社会保障服务。

4 结论与讨论

本文将岷江上游作为研究区域，采用地理探测器模型、GIS 空间分析和空间自相关分析等方法模型，对乡村贫困化程度和贫困化的分异特征进行分层研究，分析贫困化地域特征与空间分异格局，获得乡镇级区域贫困化分异的主导因素基于贫困化地域分异主导因素及其影响力，提出将农村贫困化分为环境制约型、交通制约型、经济制约型和社会制约型等 4 种地域类型。根据农村贫困化地域分异主导因素的诊断结果，对区域制定精准化的扶贫政策以及巩固脱贫成果具有重要意义。主要研究结论如下：

(1) 农村贫困化地域分异明显。贫困发生率的空间分布呈现明显的聚集特征，且存在显著的空间正相关，从而形成 3 个大热点区域和 3 个小热点区域；通过聚类分析和异常值分析工具对研究区贫困发生率进行聚类异常值分析，其结果表明存在高-高聚集 (HH)、低-低聚集 (LL)、低-高聚集 (LH) 异常值区域。因此，对认识和理解影响农村贫困地域分异的主导因素和分布特征，以及对巩固脱贫成果的政策研究具有十分重要的意义。

(2) GDP 密度、湿润指数、年降水量、人均耕地、人口密度、总辐射等 6 个因子是贫困化地域分异的主导因子，涉及自然环境和社会经济 2 个方面。巩固扶贫成果要以主导因素为重点，针对关键问题要精准施策，发展当地特色农牧产业和旅游业，构建多种产业模式。

(3) 岷江上游地区贫困化地域分异是多种因素综合作用所产生的结果。各种因子对农村贫困化的影响存在交互作用，同时各种因子的协同效应呈现相互增强和非线性增强的关系，两种因子的交互作用会增强单因子对贫困化的影响。研究揭示的影响贫困发生率各主要因子最适宜特征，有助于更好地理解不同维度因素对贫困发生率影响及其驱动机制。

本文以岷江上游高原藏区为研究对象，从地理学综合性和区域性角度出发，在村级尺度上研究农村贫困化地域分异特征及其基于地理探测器揭示贫困化的驱动因子。地理要素是区域发展基本条件，不同地区具有不同的影响因素，但经济发展是解决贫困的根本途径^[32]。与传统农耕地区不同的是，岷江上游农业以放牧为主，耕地占比较少，而降水和湿润指数对牧

草的质量和分布具有重要影响,因此人均耕地、人口密度和总辐射对贫困化的影响就相对较低。除此之外,岷江上游为高原、高山、峡谷地貌,坡度陡峭,过于严苛的地势条件可能会削弱地形因素对贫困化的影响程度。传统的主成分分析、经典回归模型等,通常基于一些假设或限制,如正态分布和线性假设等,来分析贫困化与驱动因子的关系;与之前的方法向比较,地理探测器方法非线性假设,通过空间异质性来探测因变量与自变量之间空间分布格局的一致性^[33],据此度量自变量对因变量的解释度,比常规统计量更能探测解释因子和分析变量之间交互关系^[34]。

参考文献

- [1] 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(01):161-173.
- [2] 中国扶贫开发年鉴编辑委员会.中国扶贫开发年鉴2016[M].北京:团结出版社,2015.
- [3] 刘永富.以精准发力提高脱贫攻坚成效[N].人民日报,2016-01-11.
- [4] 刘彦随,周扬,刘继来.中国农村贫困化地域分异特征及其精准扶贫策略[J].中国科学院院刊,2016,31(3):269-278.
[5] Liang Chenxia, Wang Yanhui, Xu Haitao, et al. Analyzing spatial distribution of poor villages and their poverty contributing factors: A case study from Wumeng Mountain area. *Geographical Research*, 2019,38(6): 1389-1402.
- [6] S.J.Sewell, S A Desai, E Mutsaa, R T Lottering. A comparative study of community perceptions regarding the role of roads as a poverty alleviation strategy in rural areas. *Journal of Rural Studies*,2019,71:73-84.
- [7] Wu Peng, Li Tongsheng, Li Weimin. Spatial differentiation and influencing factors analysis of rural poverty at county scale: A case study of Shanyang county in Shaanxi province, China. *GEOGRAPHICAL RESEARCH*, 2019, 37(3):593-606.
- [8] Alkire S, Foster J.(2012). Counting and multidimensional poverty measurement. *Journal of Public Economics*, 2012, 95(7): 476-487.
- [9] Deutsch J, Silber J. Measuring multidimensional poverty: An empirical comparison of various approaches. *Review of Income and Wealth*, 2005, 51(1): 145-174.
- [10] Huang Han, Li Xunhuan, Zhou Yang. Geographical pattern and spatial differentiation mechanism of rural poverty in hilly and mountainous areas of China: A case study of Yudu County in Jiangxi Province. *Progress in Geography*, 2020, 39(6):938-950.
- [11] Liu Y S, Li J T. Geographic detection and optimizing decision of the differentiation mechanism of rural poverty in China. *ACTA GEOGRAPHICA SINICA*, 2017, 72(1):161-173.
- [12] Minot N, Baulch B, Epperecht M. Poverty and inequality in Vietnam: Spatial patterns and geographic determinants. *Research Reports*, 2006, 54(1): 153-154.
- [13] Ren Huizi, Cao Xiaoshu. The invisibility characteristic of rural poverty space: A case study of Lianzhou. *Geographical Research*, 2012, 31(5): 955-963.
- [14] Wang Jieyong, Chen Yufu, Yan Maochao. Research on the targeted measures of poverty alleviation and its innovative ways in China. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2016, (3): 289-295.
- [15] Zhou Y, Guo Y Z, Liu Y S, et al. Targeted poverty alleviation and land policy innovation: Some practice and policy implications from China. *Land Use Policy*, 2018, 74: 53-65.
- [16] Zhou Y, Guo L Y, Liu Y S. Land consolidation boosting poverty alleviation in China: Theory and practice. *Land Use Policy*, 2019, 82: 339-348.
- [17] Chen Yefeng, Wang Yanhui, Zhao Wenji, et al. Contributing factors and classification of poor villages in China. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(10): 1827-1844.
- [18] Liu Y S, Li J T, Zhou Y. Spatio-temporal patterns of rural poverty in China and targeted poverty alleviation strategies. *Journal of Rural Studies*, 2017, 52:66-75.
- [19] Ma Zhenbang, Chen Xingpeng, Jia Zhuo, et al. Poor people, or poor area? A geostatistical test for spatial poverty traps. *Geographical Research*, 2018, 37(10):1997-2010.

- [20] Zhao Xueyan, Ma Yanyan, Chen Huanhuan, et al. Spatio-temporal distribution of rural multidimensional poverty and influencing factors in the inland river basin of arid areas: A case study of Shiyang River Basin. *Economic Geography*, 2018, 38(2): 140-147.
- [21] Li Yuheng, Wang Yanfei, Liu Yansui. Impact and mechanism of social capital in poverty alleviation of China. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2016, (3): 302-308.
- [22] Mutabazi K D, Sieber S, Maeda C, et al. Assessing the determinants of poverty and vulnerability of smallholder farmers in a changing climate: The case of Morogoro region, Tanzania. *Regional Environmental Change*, 2015, 15(7): 1-16.
- [23] Ihtsham Ul Haq Padda, Abdul Hameed. Estimating multidimensional poverty levels in rural Pakistan: A contribution to sustainable development policies. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 197(1):435-442.
- [24] Esperanza Vera-Toscano, Mark Shucksmith, David L. Brown. Poverty dynamics in Rural Britain 1991-2008: Did Labour's social policy reforms make a difference? *Journal of Rural Studies*, 2020, 75, 216-228.
- [25] Liu Y S, Zhou Y, Liu J L. Regional Differentiation Characteristics of Rural Poverty and Targeted Poverty Alleviation Strategy in China. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2016, 31(3): 269-278.
- [26] 刘小鹏, 苏胜亮, 王亚娟, 等. 集中连片特殊困难地区村域空间贫困测度指标体系研究[J]. *地理科学*, 2014, 34(04):447-453.
- [27] 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(第3期): 545-557.
- [28] 吴海涛, 丁士军. 贫困动态性: 理论与实证[M]. 第三版. 武汉大学出版社, 2013.
- [29] Kate Bird, Andy McKay, Isaac Shinyekwa. Isolation and poverty: the relationship between spatially differentiated access to goods and services and poverty[J]. *Chronic Poverty Research Centre Working Paper*, 2010, 162.
- [30] William J. Burke, Thomas S. Jayne. Spatial disadvantages or spatial poverty traps: Household evidence from rural Kenya[R]. 2008.
- [31] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器:原理与展望. *地理学报*, 2017, 72(1): 116-134.
- [32] 郭远智, 周扬, 刘彦随. 云南省县域经济发展与农村减贫的空间耦合协调分析[J]. *经济经纬*, 2019, 36(01):1-9.
- [33] Wang J.F, Zhang T.L, Fu B.J. A measure of spatial stratified heterogeneity. *Ecol. Indic.*, 2016, 67: 250-256.
- [34] Wang J.F, Xu C.D. Geodetector: Principle and prospective. *Acta Geograph. Sin.*, 2017, 72 (1): 116-134.

STUDY ON THE REGIONAL DIFFERENTIATION MECHANISM OF POVERTY IN TIBETAN PLATEAU OF NORTHWEST SICHUAN*

Jing Yong^{1,2}, Zuo Lingli^{1,2}, Tao Shuai^{1,2}, Xiang Jiayao^{1,2}, Peng Wenfu^{1,2}

(1. Institute of Geography and Resources, Sichuan Normal University, Chengdu Sichuan 610068, China;

2. Key Lab of Land Resources Evaluation and Monitoring in Southwest, Ministry of Education, Sichuan Normal University,
Chengdu Sichuan 610068, China)

Abstract The Tibetan Plateau Area in Northwest Sichuan is the most poverty-stricken area and the main battlefield of poverty alleviation. It is of great theoretical significance to study the regional differentiation mechanism of poverty alleviation and consolidate the achievements of poverty alleviation and Rural Revitalization. However, it is still difficult to understand the regional differentiation mechanism of poverty alleviation. Based on the Geo-detector, spatial autocorrelation and GIS spatial analysis, this paper explores the dominant factors of rural poverty differentiation in Tibetan areas of Northwest Sichuan Province, reveals the interaction between the influencing factors on the regional differentiation of rural poverty and the change of poverty incidence, and determines the most appropriate characteristics of the main factors affecting the change of poverty. The results show that: (1) There are

three large hot spots and three small hot spots in the spatial distribution of rural poverty, and there are high-high aggregation (HH), low-low aggregation (LL), low-high aggregation (LH) anomaly. (2) Annual precipitation, humidity index, total radiation, GDP density, per capita cultivated land, population density and other six factors are the leading factors of regional differentiation of rural poverty. (3) There are four kinds of restriction factors, namely, the restriction mechanism of different types of rural economy, the restriction mechanism of natural environment, and the restriction mechanism of different types of rural economy. (4) The interaction of the two factors enhances the impact of a single factor on the incidence of poverty. The study reveals the most appropriate characteristics of the main factors affecting the incidence of poverty, which helps to better understand the impact of different dimensions of factors on the incidence of poverty and its driving mechanism, and provides a reference for consolidating the results of poverty alleviation. In the post poverty alleviation era, to consolidate the achievements of poverty alleviation and prevent the phenomenon of returning to poverty, the Tibetan Plateau Areas in Northwest Sichuan should implement precise policies, build a variety of characteristic industrial models and accelerate economic construction.

Key words Rural poverty; Regional differentiation; Geo-detector; Upper reaches of Minjiang River