

基于 CART 模型的贵州省贫困空间格局 及其影响因素

徐建斌¹ 宋洁¹ 曹小曙² 孙峰华³¹

(1. 中山大学 地理科学与规划学院, 中国广东 广州 510275;

2. 陕西师范大学 西北国土资源研究中心, 中国陕西 西安 710119;

3. 鲁东大学 环渤海发展研究院, 中国山东 烟台 264025)

【摘要】:以贫困形势严峻和地理环境空间异质性显著的贵州省为案例,将分类与回归树(Classification and Regression Tree, CART)模型引入贫困研究,分析了贫困空间格局影响因素并制定了相关对策。结论表明:①贵州省的贫困格局呈现出典型的敞口“马蹄”形结构,黔东、南和西部地区高而中部及北部较低。②基于 CART 模型的贵州省贫困影响因素重要性的排序为平均隔离度>路网密度>水域比例>平均偏远度>NDVI>年均降水。③根据 CART 模型决策规则,对贵州省扶贫攻坚提出以下对策建议:首先,应采取更加“精准”的易地扶贫和村镇体系规划降低居民点隔离度,确保居民点之间平均隔离度小于 4847m。其次,在居民点距离确定的基础上,应科学改善区域的生产生活用水条件,将水域面积比例尽可能提升至 0.8%以上,保障生活用水和生产灌溉,提升水资源承载能力。最后,在确保居民点隔离度改善,水资源丰度提升的前提下,应重视喀斯特石漠化地区的生态保护修复,将县域的 NDVI 提升至 0.45 以上,提高区域生态资产,提升贫困社区韧性,将生态保护与脱贫攻坚相结合,促进区域人地关系和谐发展。

【关键词】: 贫困 易地扶贫 CART 模型 喀斯特地貌 水资源承载力 隔离度 生态保护

【中图分类号】: F320.3 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1000-8462 (2020) 06-0166-08

当前我国进入脱贫攻坚的最后阶段,农村贫困已经不再是国家经济总体水平低、制度和政策缺失等带有普遍性的因素造成的“面上”的贫困,取而代之的是由于特殊的环境因素、生产条件和人口素质等一系列具有显著空间地域约束条件导致的“点上”的贫困,随着扶贫力度的加大,中国的农村贫困人口在进入 2010 年代后逐渐向深山地区和环境脆弱地区集聚^[1,2]。特别是当前在不同的精准扶贫措施覆盖下,仍有一部分地区不能摆脱贫困困扰,抛开政策、教育和人力资源等诸多社会经济因素的影响,地理环境的贫困效应——地域差异与地理环境制约发展而导致贫困是一个至关重要、不可回避的现实问题。

从宏观上来看,贫困通常可以分为区域贫困和个体贫困,区域贫困通常是长期性或者持续性的贫困,个体贫困则相反^[2]。造

¹**作者简介:** 徐建斌(1991-),男,山西洪洞人,博士研究生。主要研究方向为可达性与减贫。E-mail:xujb23@mail2.sysu.edu.cn。
曹小曙(1970-),男,甘肃灵台人,博士,教授。主要研究方向为交通地理与规划。E-mail:caoxsh@snnu.edu.cn。
基金项目: 国家自然科学基金重点项目(41831284)。

成区域贫困的原因更多集中在地理环境和地理要素方面,因为地理环境决定着区域财富的创造^[3,4]。早在1950年代,空间经济学已经注意到了空间贫困现象,并且从空间的角度研究了生产要素的经济活动和空间布局^[6]。进入新世纪后,随着新经济地理学的发展,自然禀赋和生态退化等因素被认为是空间贫困的主要因素,空间贫困陷阱理论(Spatial Poverty Traps, SPT)也在此时应运而生^[6]。地理环境要素对于贫困的影响逐渐受到学界的重视,偏远的地理区位(Remoteness)通常是持续性贫困地区致贫的主要因素之一^[7],地理隔离(Isolation)近年来也逐渐受到学者关注^[8];复杂的地形条件则对贫困县的分布有着一定程度的决定性作用^[3],水土流失则影响着土壤肥力,造成农用地减少,进而造成陡坡开垦和生态退化,进一步加剧贫困^[9]。作为农民生计的主要来源,土地利用对于贫困产生更加直接的影响^[3,10]。气候变化则对贫困地区社区的韧性(Resilience)提出了新的挑战,自然灾害风险较高的地区则使得贫困固化^[11]。综上,贫困作为一种经济地理现象,地理要素和地理环境对于贫困的影响仍然是地理研究的重点话题之一。但已有研究中更多关注地理环境及可达性等外部性因素,对于地理隔离的讨论较少,且多为定性讨论,因此,本研究引入居民点隔离度,定量讨论隔离度及其他因素对于贫困的影响。

目前,国内学者针对区县尺度贫困差异和影响因素的研究多为定性分析,定量分析成果较少^[12]。现有区域贫困致贫因素的探讨主要采用最小二乘回归和多元线性回归模型^[1,13,14,15,16]。也有部分学者注意到贫困村所处县域尺度的社会经济环境可能会对其贫困产生影响,引入多层线性回归模型^[17];虽然线性回归在分析因子对因变量的关系时具有建模速度快等优点,但在贫困解释中往往需要假定其他因素不变,且已有研究确定某变量与贫困是线性关系的结论较少,这就使得根据线性回归结果制定扶贫措施时往往具有一定的局限性。考虑到贫困影响因素的空间依赖性,王永明等学者则采用地理加权回归模型(GWR)分析了乡村空间贫困的形成机制,这种模型可以探讨不同因子对贫困影响的空间异质性^[12]。地理加权回归模型可以将地理权重应用于研究区域的局部回归方程中,但是GWR需要着重考虑变量的全局或者局部多重共线性问题,且需要选择合适的带宽,系数回归结果往往呈现环状或者过渡梯度分布差异^[12],具有一定的解释难度。为解决上述空间贫困致贫因素分析中的局限性,本研究引入分类与回归树(Classification and Regression Tree, CART)模型对贵州省贫困的影响因素进行分析,其作为机器学习的方法之一,在仿真过程中性能的一致性远高于大多数机器学习方法的分类和概率估计,在评估多个自变量如何以复杂方式相互作用和预测因变量方面具有潜在价值^[18,19]。在医学和管理学中已经得到广泛应用,但是在贫困地理学研究中鲜少提及。

因此,本研究以贵州省为例,将CART模型引入贫困地理学研究,用以探索多重因素对贫困的综合影响。在探讨贫困空间格局的基础上,利用CART模型对贵州贫困格局的影响因素进行分析,以判断因子之间的关联规则怎样影响贫困,为脱贫攻坚最后阶段制定扶贫政策提供决策支持。

1 研究设计

1.1 案例区域

贵州省位于中国的西部地区,云贵高原的东部,地势整体上呈现出西高东低的趋势,山地和丘陵面积占总面积的90%,其中喀斯特地貌面积占70%^[12],地理要素对贫困的影响显著^[20]。据《2018中国农村贫困监测报告》,2017年贵州省贫困发生率达到8.5%,其中农村贫困人口295万人,在全国各省区农村贫困人口中占比最高。目前贵州的155万贫困人口一半以上生活在深度贫困地区,脱贫攻坚越往后难度越大^[21]。整体来看,贵州省脱贫形势极为严峻,区域内部地理环境差异显著,具有典型性和代表性,契合本研究的研究主题。因此,选择贵州省作为案例区域。

1.2 研究方法、数据来源和处理

1.2.1 研究方法

首先,对案例区的贫困发生率格局进行空间分析,采用全局空间自相关方法和热点分析对贫困的空间格局特征进行分析。其次,采用CART模型(Classification and Regression Tree, CART)探讨不同环境因素是否为贫困县的关联规则,分析环境

因素的何种关联规则造成了县域贫困。由于空间分析是 GIS 中的基础分析方法，加之篇幅限制，这里省略空间自相关及热点分析方法的介绍，着重介绍 CART 模型。

CART 模型是数据挖掘中一种重要的分类计数用以发现数据内在规律的分类观测方法。CART 模型是采用 Gini 系数作为分类节点基础，Gini 系数越小，该节点的变量分类纯度就越高。假设有 K 个类别，第 k 个类别的概率为 p_k ，概率分布的基尼系数表达为：

$$Gini(p) = 1 - \sum_{k=1}^K p_k^2 \quad (1)$$

对于样本 D，个数为 $|D|$ ，假设有 K 个类别，第 k 个类别的数量为 $|C_k|$ ，则样本 D 的基尼系数表达为：

$$Gini(D) = 1 - \sum_{k=1}^K \left(\frac{|C_k|}{|D|} \right)^2 \quad (2)$$

CART 模型的因变量既可以是连续变量，也可以是离散变量，当为离散变量时，生成的树为分类树。在面对诸如存在缺失值、变量数多等问题时 CART 显得非常稳健，并且比其他模型更易于理解。同时 CART 模型可自动忽略对目标变量没有贡献的属性变量，也为判断属性变量的重要性，减少变量数据提供参考。为避免 CART 模型结果过拟合，生成的 CART 模型可使用自动的成本复杂性剪枝来得到归纳性更强的树^[22]。基于此，本研究选取 CART 模型探讨不同要素的关联规则对贫困的影响，并针对性地提出对策。

1.2.2 数据来源

按照科学性、系统性和代表性的基本原则，同时规避社会经济因子与贫困关系的内生性问题，参考地理环境致贫研究的现有成果，选取居民点可达性、地形因素、土地覆被因素、石漠化因素、气象气候因素等 5 类 14 项自然和人文相关的地理要素指标，分析这些因素对贫困的影响，数据来源及参考依据见表 1。

1.2.3 数据处理

本文用于研究的贵州省贫困县名单采用 2012 年国家扶贫开发工作重点县名单，其中贵州省共有 50 个贫困县，占全省县（市、区）级单位数量的 56.82%。贵州省贫困村名单采用国务院扶贫开发领导小组办公室发布的《扶贫开发整村推进“十二五”规划》贫困村名单，其中贵州省共有 3800 个贫困村。

参照 Castella 等学者的研究，建立居民点可达性分析指标：道路网络密度（Road Density）、隔离度（Isolation）和偏远度（Remoteness）^[25]。

道路网络密度：采用 ArcGIS 中的线密度分析方法，生成贵州省道路网络密度栅格数据，计算各个县市区范围内平均线密度值，得到道路网络密度变量。

表 1 指标体系及数据处理

要素类型	指标	来源	备注
居民点可达性	路网密度 (X1)	国家测绘地理信息局 (全国地理信息资源目录服务系统) (比例尺 1: 100 万)	Castella 等 ^[23]
	平均隔离度 (X2)	同上	Castella 等 ^[23]
	平均偏远度 (X3)	同上	Castella 等 ^[23]
地形因素	地形起伏度 (X4)	全球变化科学研究数据出版系统 (空间分辨率 km×1km)	游珍等 ^[24]
	平均海拔 (X5)	地理空间数据云 (SRTM 空间分辨率 90m×90m)	Zhou 等 ^[3]
	平均坡度 (X6)	同上	Zhou 等 ^[3]
土地覆被因素	耕地比例 (X7)	地理国情监测云 (空间分辨率 km×1km)	Castella 等 ^[25]
	林地比例 (X8)	同上	Castella 等 ^[25]
	草地比例 (X9)	同上	Castella 等 ^[25]
	水域比例 (X10)	同上	Castella 等 ^[25]
	NDVI (X11)	中国科学院资源环境科学数据中心	ArcGIS 栅格计算
石漠化因素	土壤侵蚀强度 (X12)	同上	ArcGIS 栅格计算
气象气候因素	年均气温 (X13)	国家气象信息中心	ArcGIS 插值分析栅格计算
	年均降水 (X14)	同上	ArcGIS 插值分析栅格计算
贫困水平	贫困发生率 Y	贵州省统计年鉴	统计分析

县域平均隔离度：主要反映县域内部某一居民点的隔离程度，计算方法为某一居民点距离最近居民点的距离，在 ArcGIS 中以各县（市、区）为基础单元，计算各县（市、区）内部所有居民点距离最近居民点的平均距离。

县域平均偏远度：主要反映居民点距离各级行政中心的距离，计算方法为某一居民点距离所属县（市、区）行政中心的距离与此居民点距离所属地市级行政中心的距离之权重求和（市级权重为 0.6，县级权重为 0.4），计算各县（市、区）内部所有居民点偏远度的平均值。

地形起伏度：指标通过计算各县（市、区）平均值得到，平均海拔和坡度则基于 DEM 数据计算得到。

土地覆被因素：土地覆被数据分为耕地、林地、草地、水域共 4 大类用地，利用 ArcGIS 栅格计算工具统计县域内各类用地面积及其所占比例。NDVI 数据则通过计算各县（市、区）平均值得到。

石漠化因素：考虑到石漠化地区的土壤侵蚀方式主要是水力侵蚀，因此选择中度侵蚀以上强度（>2500t/km²×a）作为表征石漠化影响的代用指标，统计各县（市、区）在此标准以上的侵蚀面积比例。气象数据采用空间插值分析，计算县域内部年平均降水和年平均气温得到。

2 贵州省贫困的空间格局

2.1 基于空间自相关和热点分析的县域贫困空间格局

为探究贵州省贫困的空间格局，首先采用 ArcGIS 中的空间自相关和热点分析方法对贵州省 2005 和 2015 年贫困发生率进行空间相关性分析，结果见表 2 和图 1。从全局自相关性 Moran' sI 指数来看，2005 和 2015 年 z 得分值均高于 2.58, Moran' sI 指数分别达到了 0.90 与 0.75，说明贵州省贫困发生率呈现出显著的空间集聚，即高贫困发生率的县域与低贫困发生率县域均呈现出一定的集聚特征，且这种集聚特征逐渐减弱。

表 2 贵州省贫困的全局空间相关性 (Moran' sI)

年份	Moran' sI	方差	z 得分	p 值
2005	0.90	0.0053	12.36	0.00
2015	0.75	0.0053	10.43	0.00

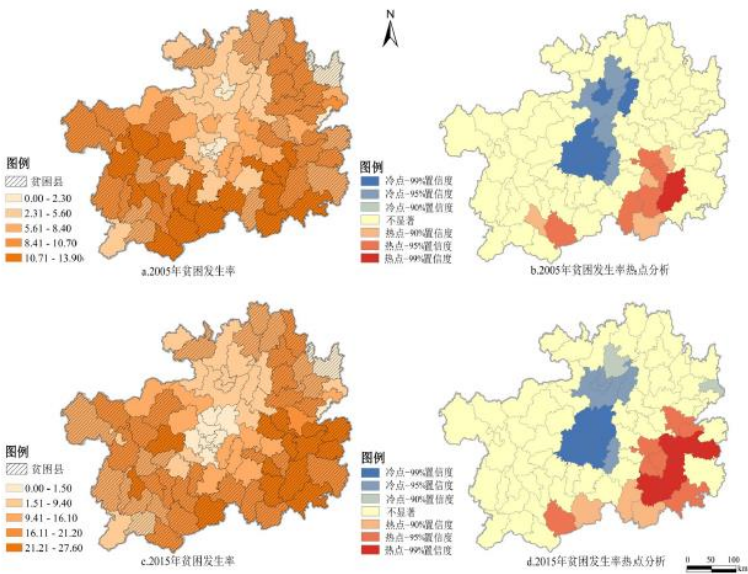


图 1 贵州省贫困发生率及其热点分析

图 1a 和图 1c 分别为 2005、2015 年贵州省贫困发生率，从贵州省贫困发生率分布格局来看，呈现出黔东南、黔南和黔西地区高而中部及北部较低的敞口“马蹄”形空间异质性分布^[12]。2005 年贫困发生率较高的地区主要分布在六盘水市（水城县）、黔西南布依族苗族自治州（望谟县、册亨县和晴隆县）及黔南布依族苗族自治州（罗甸县、平塘县和长顺县）等县（市、区），2015 年则转变为黔东南苗族侗族自治州（台江县、雷山县、天柱县、三穗县、丹寨县、榕江县和从江县）等县；黔西南地区高贫困发生率县（市、区）减少，黔东南地区增多。

从热点分析结果来看（图 1b、图 1d），2005 年贫困发生率高的热点地区集中在黔东南州的榕江县、雷山县、凯里市、丹寨县等县（市、区），黔南州的三都县、独山县以及黔西南州的望谟县和贞丰县。2015 年贫困发生率的热点区域分布在黔东南州的镇远县、三穗县、台江县、剑河县、锦屏县、榕江县等县（市、区），两个时间节点的冷点地区均集中在息烽县、开阳县、修文县、清镇市和平坝区等县（市、区）。整体来看，10 年间黔东南州的高贫困发生率地区呈现出更加集聚的趋势，而低贫困发生率地区则相对更为稳定。

2.2 基于贫困村点密度的贫困空间格局

贫困村点的空间分布可以从更微观的尺度上探讨区域贫困的空间格局。基于“整村推进”的贫困村数据，采用空间自相关分析，以贫困村所在的县域贫困发生率（2015 年）为空间权重，对贫困村进行点密度分析。由于 P 值小于 0.01,Z 得分大于 2.58,Moran' sI 指数达到了 0.67，说明贵州省贫困村空间分布存在空间自相关，呈现出显著的空间依赖性。

图 2a 为以县域范围内贫困村个数为基础计算的贫困村密度，通过贫困村在县域内的分布密度空间差异可以看出，县域贫困村密度高值区集中在纳雍县、织金县、丹寨县和安顺市的部分县区，整体来看县域贫困村高密度区主要位于贵州省毕节—安顺一线，这些区域是贵州高大山系的分布区，如北部的大娄山、乌蒙山和南部的苗岭。图 2b 为以贫困村的空间点位置计算的贵州省贫困村点密度分布图，贫困村的点密度图呈现出明显的高值区与低值区，高值区的分布区域与贫困县的空间分布具有一致性，主要集中在贵州省的外围县域，贵阳市及遵义市的部分地区贫困村点密度较低。

从图 2 可以看出，图 2a 和图 2b 所代表的贫困村点密度分布虽然存在一定的差异性，但贫困村密度的高值区与低值区仍呈现出一定的相似性，且与国家扶贫办确定的贫困县空间分布存在较高的一致性（图 1c）。因此，有必要探讨居民点的空间分布是不是对贵州省贫困格局产生影响，是哪些影响因素造成了贵州省“马蹄”形的贫困空间格局。

3 基于 CART 模型的贵州省贫困空间格局的影响因素及对策分析

根据国家扶贫开发办公室确定的贵州省贫困县名单，对贵州省县级单元进行分组，第一组为贫困县区（用数字 1 表示），第二组为非贫困县区（用数字 0 表示）。利用 CART 模型对贵州省贫困空间格局的影响因素进行分析，设 Gini 改进后最小指数为 0.0001，最大风险差值为 1 进行决策树剪枝后，准确率为 84.1%的决策树，其中贫困县与非贫困县的决策结果的平均准确度分别为 90.0%和 76.3%，CART 模型良好。从模型对是否为贫困县的决策准确度来看，地理要素与贫困县的关系更加密切，也更容易被预测。决策树自变量重要性及决策规则见表 3、表 4。

3.1 基于 CART 模型的贫困空间格局影响因素分析

3.1.1 自变量重要性分析

为充分考虑各地理要素对县域贫困的影响，采用 CART 模型对贵州省贫困影响因素的重要性进行分析，结果见表 3。从计算结果可以看出，标准化后影响因素的重要性排序依次为平均隔离度>路网密度>水域比例>平均偏远度（替代变量）>ND-VI>降水（替代变量）。从中可以看出，对贵州省县域贫困影响最主要的地理要素有三类：可达性、水资源丰度和植被覆盖度（NDVI）。

表 3 贫困空间格局的影响因素及其标准化的重要性

影响因素	标准化的重要性 (%)	替代的主变量	替代变量与主变量的关联性
平均隔离度 (X2)	100.0	—	—
主变量	路网密度 (x1)	—	—
	水域比例 (X10)	—	—
	NDVI (X11)	—	—
替代变量	平均偏远度 (X3)	平均隔离度 (X2)	0.538
	年均降水 (X14)	NDVI	0.522

对影响贫困的自变量重要性进一步分析, 首先从主变量来看, 居民点之间的平均隔离度对于县域贫困的空间格局影响最大, 其自变量重要性 100%; 其次为路网密度, 自变量重要性为 54.6.2%。这说明在贵州省贫困地区, 居民点的可达性, 尤其是可达性中的隔离度和路网密度, 对区域贫困的影响重大。主变量中对贵州贫困空间格局的影响因素重要性排名第三的为水域 (52.0%) 和 NDVI (30.4%)。这主要是由于高植被覆盖一方面具有涵养水土的生态功能, 另一方面对于牧业与养殖业有着重要影响, 故贵州贫困县区的草地面积比例对于贫困的影响较大。

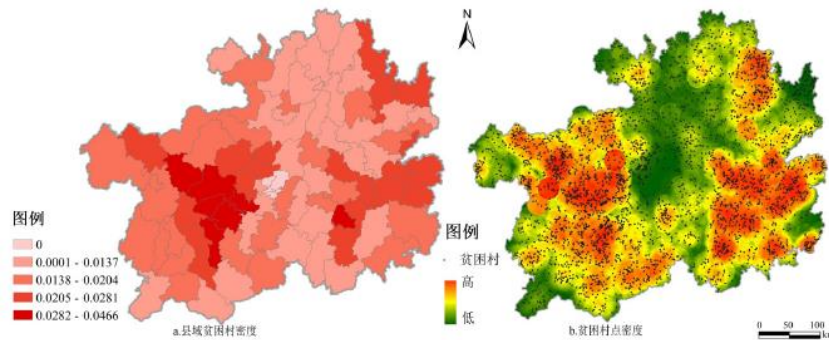


图 2 贵州省贫困村点密度分析

从替代变量来看, 平均偏远度和平均降水 2 个替代变量的重要性分别为 48.6%和 2.0%。平均偏远度替代的主变量是平均隔离度, 二者相关性为 53.8%。隔离度的这种影响归根到底是贵州山体众多, 地形复杂的因素造成的, 这一结果与 Castella 等的研究结果一致, 他们认为自然地理环境通过影响交通进而对地区的社会经济发展产生影响^[25]。偏远度常作为影响山区贫困的重要因素而被探讨^[13, 26], 而隔离度少有研究^[25]。通过 CART 模型结果可以看出, 影响山区贫困的最重要因素为隔离度, 偏远度虽与隔离度存在一定相关性, 但并不能完全取代隔离度来解释山区贫困的发生机制。隔离度对于贫困的影响可以体现在刘彦随等学者发现的区域贫困“孤岛效应 (island effect)”^[2], 由于贫困区居民点之间的相互隔离, 导致在一系列减贫措施的实施下, 仍有一些贫困“孤岛”地区。

3.1.2 决策规则分析

表 4 为基于 CART 模型的贵州省贫困影响因素决策规则。从表 4 来看, 居民点的隔离度对于县域是否为贫困县影响显著, 当县域内部居民点之间的平均隔离度不大于 4847m 时, 县域 100%为非贫困县 (规则 1)。而当县域平均隔离度大于 4847m 时, 则有 66.7%的县域为贫困县。这反映出了居民点隔离度对贫困产生的重要影响。易地扶贫搬迁一直以来都是中国实施精准扶贫方略的重要措施之一^[27], 但易地搬迁中的困境及对搬迁人员生计的影响也是不容忽视的问题^[28, 29]。根据 CART 模型提供的隔离度阈值, 能够对易地扶贫政策的实施提供相应的科学依据。

当县域居民点的平均隔离度大于 4847m 时, 且水域面积比重大于 0.8%时, 县域中有 87.5%的概率成为非贫困县 (规则 2); 而当隔离度处于同等条件下时, 水域面积比重不大于 0.8%的县域中, 非贫困县的比例仅占同等条件下所有县域比例的 26.9%。说明水资源丰度对贵州省县域贫困有重要影响, 这主要是由于研究区主要由喀斯特地貌覆盖, 且地形起伏度较高, 岩溶地貌容易造成水土流失, 使得依靠土地增收的贫困户举步维艰^[30]。

当县域居民点的平均隔离度大于 4847m 时, 且水域面积比重不大于 0.8%时, 县域是否贫困主要取决于两个因素: 县域平均 NDVI 和县域平均路网密度。当年均 NDVI 不大于 0.45 时, 县域有 84.1%的可能性为贫困县。NDVI 数值小, 说明县域内部生态资

产有限，生态系统脆弱度较高，贫困地区的家庭在面对外部冲击（自然灾害）时的韧性更差，更容易陷入贫困^[31,32]。当年均 NDVI 指数大于 0.45 时，若路网密度不大于 2.05km/km² 时，县域为贫困县的可能性为 80%，而若路网密度大于 2.05km/km²，则县域成为贫困县的可能性降至 30.8%，转化为有 69.2%的可能性为非贫困县。因此，除隔离度、水域、NDVI 等因子外，路网密度对于贫困的影响也更为直接，较高的路网密度可以加强贫困区域与外部的联系，吸引更多的产业项目，增加就业，提高贫困人口的收入水平。

表 4 基于 CART 模型的贫困影响因素的决策规则

序号	决策规则				分类结果	正确比例/%
	平均隔离度 (X2)	水域比例 (X10) /%	NDVI (X11)	路网密度 (X1)		
1	≤4847				非贫困县	100.00
2	>4847	>0.8			非贫困县	87.50
3	>4847	≤0.8	≤0.45		贫困县	84.10
4	>4847	≤0.8	>0.45	≤2.05	贫困县	80.00
5	>4847	≤0.8	>0.45	>2.05	非贫困县	69.20

3.2 贵州省贫困山区减贫对策分析

根据 CART 模型结果，首先，对于隔离度大于 4847m 的县域来说，应采取更加“精准”的易地搬迁扶贫和村镇体系规划策略，即居民点之间的距离应尽量保持在 4847m 以内，居民点之间较近的空间距离有助于提高居民之间的相互影响，增强居民共同应对（贫困）风险的韧性，此类扶贫方式对于有着高风险偏好和拥有更多外部机会的农户更容易脱贫^[33]。

再次，在保证居民点可达性的基础上，应科学改善县域水资源状况，将水域面积占比尽可能提升至 0.8%以上。在提高水域面积的同时，要注重生产生活用水条件，保障生产灌溉，提高迁入地的资源承载能力，破解区域环境的脆弱性问题；水资源是农村生产生活的基础需求，贵州降水季节分配不均，加之喀斯特地貌发育，水土流失较为严重，使得水资源成为重要的制约因素。同时，冯应斌等通过对人口迁移和农村道路建设的减贫效应研究表明，加强贫困地区村内交通设施、小型水利设施为代表的小型基础设施建设，有助于增强农户自主脱贫的能力和发展的动力^[15]。

第三，县域植被覆盖度的影响是不容忽视的。尤其对于县域平均隔离度和水域面积都较难达到阈值水平的地区，更需要重视植被因素，将县域的 NDVI 提升至 0.45 以上。喀斯特环境是产生水土流失和导致石漠化的地质基础，所以生态扶贫措施，包括退耕还林还草，区域/流域生态补偿等措施是保护区域脆弱生态环境，减少“空间贫困陷阱”和灾害致贫的重要途径^[33]。推进滇桂黔石漠化区国土空间生态修复政策体系完善和实施，将区域山水林田湖草生态保护修复与脱贫攻坚工作有机融合，促进生态修复与脱贫致富的双赢。

4 结论与讨论

从贵州省贫困发生率分布格局来看，呈现出黔东南、黔南和黔西地区高而中部及北部较低的敞口“马蹄”形空间异质性分布。尽管 2005—2015 年间贵州省贫困的空间集聚特征有所减弱，但依旧存在显著的空间依赖性。因此，地理要素对贵州省贫困的影响仍需进一步探究。

利用 CART 模型对影响贵州省贫困的地理要素进行探究，结果显示县域居民点可达性（平均隔离度、路网密度和平均偏远度）、水资源丰度（水域比例和年均降水）和生态资产（NDVI）对贫困影响显著。根据 CART 模型的决策规则，本研究对贵州省扶贫攻

坚提出以下对策建议：首先，针对居民点的隔离度，应采取更加“精准”的易地搬迁扶贫和村镇体系规划策略，将居民点之间的距离应尽量保持在 4847m 以内；其次，在居民点距离确定的基础上，应科学改善区域的生产生活用水条件，将水域面积占比尽可能提升至 0.8%以上，保障生活用水和生产灌溉，提升水资源承载能力，破解区域环境的脆弱性问题；最后，在确保居民点隔离度改善，水资源丰度提升的前提下，应尽量将县域的 NDVI 提升至 0.45 以上，推进喀斯特石漠化地区的山水林田湖生态保护修复，特别是土地资源保护，降低人为因素对土壤侵蚀的影响，将生态保护与脱贫攻坚相结合，促进区域人地关系和谐发展。

综上，本研究将 CART 模型引入贫困地理学研究，该模型在分析区域贫困影响因素方面具有一定优势，对于定量判断区域贫困并制定更加精准的扶贫措施有一定借鉴意义。其次，通过定量测度居民点的隔离度，发现隔离度对于贫困县影响显著，因此有必要在扶贫攻坚的决胜阶段和降低相对贫困的工作中，对居民点之间的隔离度加以重视，降低居民点隔离度，使已脱贫居民点带动未脱贫居民点，贫困群体之间形成良性互动，打破贫困的累积循环和“贫困孤岛”，促进区域的平衡发展和充分发展。

参考文献:

- [1]曲玮,涂勤,牛叔文. 贫困与地理环境关系的相关研究述评[J]. 甘肃社会科学, 2010(1):103-106.
- [2]Liu Y,Liu J,Zhou Y. Spatio-temporal patterns of rural poverty in China and targeted poverty alleviation strategies[J]. Journal of Rural Studies, 2017, 52:66-75.
- [3]Zhou L,Xiong L Y. Natural topographic controls on the spatial distribution of poverty-stricken counties in China[J]. Applied Geography, 2018, 90(1):282-292.
- [4]周蕾,熊礼阳,王一晴,等. 中国贫困县空间格局与地形的空间耦合关系[J]. 经济地理, 2017, 37(10):157-166.
- [5]Harris C D. The market as a factor in the localization of industry in the United States[J]. Annals of the Association of American Geographers, 1954(12):315-348.
- [6]Jalan J,Ravallion M. Is transient poverty different?Evidence for rural China[J]. Journal of Development Studies, 2000, 36(6):82-99.
- [7]Bird K,Shepherd A. Livelihoods and chronic poverty in semiarid Zimbabwe[J]. World Development, 2003, 31(3):591-610.
- [8]Farrington J,Farrington C. Rural accessibility, social inclusion and social justice:towards conceptualisation[J]. Journal of Transport Geography, 2005, 13(1):1-12.
- [9]Scherr S J. A downward spiral?Research evidence on the relationship between poverty and natural resource degradation[J]. Food Policy, 2000, 25(4):479-498.
- [10]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.
- [11]Akter S,Mallick B. The poverty-vulnerability-resilience nexus:Evidence from Bangladesh[J]. Ecological Economics, 2013, 96:114-124.

-
- [12]王永明,王美霞,吴殿廷,等.贵州省乡村贫困空间格局与形成机制分析[J].地理科学,2017,37(2):217-227.
- [13]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.
- [14]刘小鹏,李伟华,王鹏,等.发展地理学视角下欠发达地区贫困的地方分异与治理[J].地理学报,2019,74(10):2108-2122.
- [15]冯应斌,龙花楼.基于乡村人口转移和农村道路建设的空间贫困破解机理及其对策研究——以贵州省为例[J].地理研究,2019,38(11):2606-2623.
- [16]周政旭.山地县域空间因子与贫困现象关系的实证研究——以贵州省为例[J].城市规划,2018,42(7):33-42,51.
- [17]梁晨霞,王艳慧,徐海涛,等.贫困村空间分布及影响因素分析——以乌蒙山连片特困区为例[J].地理研究,2019,38(6):389-402.
- [18]Mburu J W, Kingwara L, Ester M, et al. Use of classification and regression tree(CART), to identify hemoglobin A1C(HbA1C) cut-off thresholds predictive of poor tuberculosis treatment outcomes and associated risk factors[J]. Journal of Clinical Tuberculosis and Other Mycobacterial Diseases, 2018, 11:10-16.
- [19]Greene M Z, Hughes T L, Hanlon A, et al. Predicting cervical cancer screening among sexual minority women using Classification and Regression Tree analysis[J]. Preventive Medicine Reports, 2019, 13:153-159.
- [20]Okwi P O, Godfrey N, Patti K, et al. Spatial determinants of poverty in rural Kenya[J]. PNAS, 2007, 104(43):769-774.
- [21]杨文,黄美钰,邓祖善.对贵州深度贫困地区农业产业扶贫的思考[J].贵阳市委党校学报,2019(3):7-11.
- [22]赵萍,傅云飞,郑刘根,等.基于分类回归树分析的遥感影像土地利用/覆被分类研究[J].遥感学报,2005(6):708-716.
- [23]Castella J C, Hoa T Q, Husson O, et al. Ethnicity, access to and farming strategies in a mountainous area of northern Vietnam[J]. Appartenance ethnique, acces aux ressources foncieres, et strategies paysannes dans une zone de montagne du Vietnam., 2004, 13(5):403-411.
- [24]游珍,封志明,杨艳昭.中国地形起伏度公里网格数据集[DB/OL].全球变化数据仓储,2018. DOI:10.3974/geodb.2018.03.16.V1.
- [25]Castella J C, Manh P H, Kam S P, et al. Analysis of village accessibility and its impact on land use dynamics in a mountainous province of northern Vietnam[J]. Applied Geography, 2005, 25(4):308-326.
- [26]庄天慧,张海霞,傅新红.少数民族地区村级发展环境对贫困人口返贫的影响分析——基于四川、贵州、重庆少数民族地区67个村的调查[J].农业技术经济,2011(2):41-49.

-
- [27]张鹏瑶. 易地扶贫搬迁脱贫户可持续生计影响因素研究[J]. 经营管理者, 2019(Z1):114-117.
- [28]李琪焕, 罗清海, 邹湘妮, 等. 易地扶贫搬迁成效及困境调查——以贵州毕节七星关区阳光新城安置点为例[J]. 农村·农业·农民(B版), 2020(2):19-21.
- [29]刘伟, 黎洁. 提升或损伤? 易地扶贫搬迁对农户生计能力的影响[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(3):210-218.
- [30]Jianhua C, Daoxian Y, Liqiang T, et al. An overview of Karst ecosystem in Southwest China:current state and future management[J]. Journal of Resources and Ecology, 2015, 6(4):247-256.
- [31]曹诗颂, 赵文吉, 段福洲. 秦巴特困连片区生态资产与经济贫困的耦合关系[J]. 地理研究, 2015, 34(7):1 295-1 309.
- [32]Lade S J, Haider L J, Engström G, et al. Resilience offers escape from trapped thinking on poverty alleviation[J]. Science Advances, 2017, DOI:10.1126/sciadv.1603043.
- [33]杨广斌, 李亦秋, 安裕伦. 基于网格数据的贵州土壤侵蚀敏感性评价及其空间分异[J]. 中国岩溶, 2006(1):73-78.