

杨桂林, 杨 柳, 焦洪赞, 等. 基于地理加权回归模型的村域致贫因子研究——以贵州省剑河县为例[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(10): 324–328. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.10.077

基于地理加权回归模型的村域致贫因子研究 ——以贵州省剑河县为例

杨桂林¹, 杨 柳¹, 焦洪赞², 钟 磊³

(1. 贵州大学公共管理学院, 贵州贵阳 550025; 2. 武汉大学城市设计学院, 湖北武汉 430072; 3. 贵州省土地整治中心, 贵州贵阳 550000)

摘要:依托贵州省剑河县扶贫调查数据,在分析其贫困发生率空间分布的基础上,从自然资本、社会资本、人力资本等 3 个维度选取 9 个致贫因子,运用地理加权回归(geographically weighted regression,简称 GWR)模型对各村贫困成因进行分析,借助 ArcGIS 软件将因子回归系数可视化。结果表明,自然资本对太拥镇贫困的影响作用最大,其次是观么乡;社会资本对革东镇、南加镇、太拥镇、南哨乡、久仰乡的影响作用较明显;人力资本对南明镇、礐溪镇、太拥镇的贫困影响较大。以贫困空间异质性为突破口,运用 GWR 模型对村域致贫因子进行定量分析,从而实现精准分析致贫原因,推动精准扶贫战略实施。

关键词:致贫因子;地理加权回归模型;自然资本;社会资本;人力资本;村域;精准扶贫

中图分类号:F323.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)10-0324-05

消除贫困是社会主义的本质要求。党的十八大以来,以习近平同志为首的 leadership 队伍提出“大水漫灌”式的扶贫模式已经不能有效实现区域脱贫,扶贫工作须转向“精准”扶贫。2013 年《关于创新机制扎实推进农村扶贫开发工作的意见》《关于印发〈建立精准扶贫工作机制实施方案〉的通知》中明确提出了精准扶贫的实施方案。以“精准”理念为引领的扶贫工作成为党和国家实现到 2020 年全面建成小康社会这一目标的重要措施。深入、精确分析致贫原因成为制定脱贫政策、实施脱贫方案的前提和关键。

目前,学术界对致贫原因的探讨涵盖了经济学^[1]、社会学^[2]、制度学^[3]等,其研究逐步从单一的经济收入贫困演变到经济、社会、能力等综合的多维贫困。20 世纪 90 年代,以地理资本缺乏为贫困形成根源的空间贫困理论将“空间”概念引入^[4]。它指的是在贫困地理空间分布分析基础上,把各种资源的分布状况归结为一个地区的地理资本,强调空间范围内自然、社会资源的分布不均衡对贫困现象的影响^[5],是一个包含经济、社会、环境等 3 个维度在内的集合概念,其内涵更加丰富^[4]。而研究致贫原因的方法以定性为主,定量的则有 Logistic 回归模型^[6-8]、Tobit 回归模型^[9-10]、面板分位数条件回归方法^[11]、多元线性回归模型^[12]、灰色关联度模型^[13]、有序 Probit^[14]等。这些研究方法通过数学运算量化了某一因子对区域贫困形成的影响,科学、客观地认识了致贫因子。然而,这些研究方法缺乏对致贫因子空间异质性的

考虑,即没有考虑研究区内同一致贫因子在不同地理位置影响程度的差异性,使得研究结果是全局的而不是局部的,达不到精确分析致贫原因的效果。Brunsdon 等于 1996 年基于局部光滑的思想,提出了地理加权回归(geographically weighted regression,简称 GWR)模型^[15]。地理加权回归模型是对传统回归分析的扩展,允许局部而不是全局的参数估计,通过附加表达空间对象本身相关和异质性的变化参数,反映样本对回归方程贡献在空间上的分异,使得回归结果更加可信^[16]。GWR 方法逐渐出现在具有空间异质性现象的研究中,景观格局^[17]、城市地价^[18]、耕地变化^[19]影响因素的实证分析都证明 GWR 模型要优于普通最小二乘法。因此,将 GWR 模型应用于贫困影响因素的研究,体现了贫困及致贫因子的空间异质性,可以得到局部的参数估计,实现精确分析致贫原因的目的。本研究以贵州省剑河县为例,以村为单位,基于空间贫困理论选取致贫因子,利用地理加权回归模型计算各村回归参数,并通过 ArcGIS 将其可视化,分析致贫因子影响作用,从而提出相应的脱贫对策。

1 研究区概况

1.1 研究区概况

剑河县位于贵州省东部,政府驻地革东镇,隶属于黔东南苗族侗族自治州,与三穗、施秉、台江等县毗邻。全县总面积为 2 176 km²,地势由西南向东北倾斜,以低山、低中山为主,最低海拔 348 m,最高海拔 1 623.3 m。剑河县气候温和,年均气温 16.7℃左右,年均降水量 1 220 mm,森林覆盖率达 70.87%。剑河县下辖 12 个乡(镇),共 301 个村,8 个居委会,2015 年年末户籍总人口 27.43 万人,其中以苗族、侗族为主的少数民族占总人口的 93.4%。2015 年全县生产总值约为 36.06 亿元,其中第一、第二、第三产业增加值分别约为 9.84 亿、6.12 亿、20.10 亿元,三类产业结构比为 27.3:17.0:55.7。

剑河县是贵州省 10 个国家扶贫开发工作重点县之一,在 2015 年全省 10 个国家扶贫开发工作重点县经济发展综合测

收稿日期:2017-09-01

基金项目:国家自然科学基金(编号:41401400);贵州省科技合作计划[编号:黔科合 LH 字(2016)7469 号];贵州大学文科重大科研项目(编号:GDZT201305 号);贵州大学引进人才科研基金[编号:贵大人基合字(2010)006 号]。

作者简介:杨桂林(1993—),女,贵州凯里人,硕士研究生,主要从事土地资源利用与保护研究。E-mail:glyang15@163.com。

通信作者:杨 柳,博士,副教授,主要从事土地利用规划与管理研究。E-mail:yang_whu.edu@163.com。

评中排第 8 位。2015 年全年共投入各类扶贫资金 5 094.7 万元,实施 117 个扶贫项目,实现减贫人口 10 932 人,3 个乡(镇)实现减贫摘帽,贫困乡(镇)发生率下降 25 百分点。然而,剑河县贫困人口主要集中在生态脆弱、生存环境恶劣的深山区,土地资源少,基础设施薄弱,返贫问题严重,脱贫任务十分艰巨。

1.2 剑河县贫困空间分布特征

剑河县 2015 年贫困乡(镇)发生率为 20.0%,农村贫困人口发生率为 20.5%(贫困人口发生率=贫困人口/总人口×100%,以下简称贫困发生率)。2015 年剑河县贫困村共有 178 个,其中一类贫困村 76 个,二类贫困村 57 个,三类贫困村 45 个。由图 1 可知,除南明镇外,其他 11 个乡(镇)都分布有一类贫困村,一类贫困村主要集中在久仰乡以及太拥镇北部、敏洞乡西南部、观么乡西部地区;二类贫困村主要分布在柳川镇南部、敏洞乡北部;三类贫困村主要分布在久仰乡中部、南哨乡东部以及南加镇北部和南部地区。剑河县除一、二、三类贫困村外,还有非贫困村,为了便于比较,本研究将非贫困村归为第四类,其主要分布在南明镇、太拥镇东部地区、柳川镇北部以及革东镇中部、东部。为了揭示剑河县贫困分布的空间特性,运用 ArcGIS 10.1 对村级贫困发生率进行空间自相关分析。剑河县村级贫困发生率全局 Moran's I 指数为 0.257 1,在 0.05 的显著性水平下,其 Z_{score} 为 7.06,大于临界值 1.69,说明剑河县贫困发生率存在显著的空间正相关性,即存在聚集特征,可以进行 GWR 模型分析^[20]。

2 研究方法与数据来源

2.1 指标选取及多重共线性检验

剑河县恶劣的自然环境、交通状况以及较低的文化教育水平是区域贫困形成的主要原因。因此,本研究以地理资本缺乏导致“空间贫困陷阱”的空间贫困理论为依据,结合相关学者的研究结果^[4,11],选取平均坡度、到最近公路的距离、到最近河流的距离、缺劳动力致贫人口比例等 9 个致贫因子来分别解释自然资本、社会资本、人力资本的缺乏对贫困的影响。为了避免回归分析中的多重共线性问题,在进行回归前对致贫因子进行方差膨胀因子(variance inflation factor,简称 VIF)检验。VIF 越小越好,在 ArcGIS 中要求 $VIF \leq 7.5$ 。对 9 个致贫因子进行 VIF 检验,由表 1 可知,各因子的 VIF 均小于

2,说明所选取的致贫因子之间不存在多重共线性问题或其共线性关系较弱,可以进行回归分析。

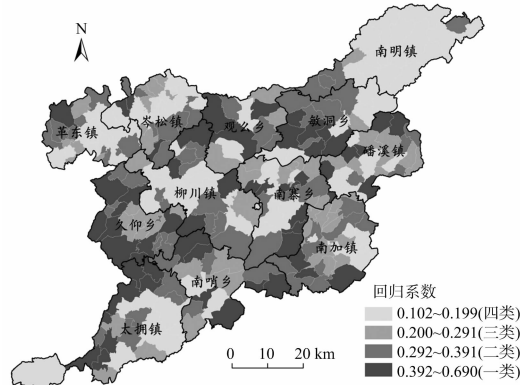


图1 贵州省剑河县村域贫困发生率空间分布

2.2 地理加权回归模型

传统的线性回归模型是对整体参数的估计,得到的结果为全局意义上的相关关系。对于贫困问题,由于各地区自然环境、生活习惯、政治政策差异等使得贫困形成的原因不尽相同。这也是地理现象所具有的空间特性,即贫困状态与致贫因子的关系会随着地理位置的变化而变化,在进行回归分析时须要考虑数据的空间异质性。GWR 模型是一种相对简单且有效的探查不同地理空间存在的空间关系,其结果是局部而不是全局,在贫困问题研究上具有明显的优越性,本研究将其运用于致贫因子回归参数的估计,其计算公式如下:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^n \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i$$

式中: y_i 为 i 村的贫困发生率; (u_i, v_i) 为第 i 个村的地理坐标; $\beta_0(u_i, v_i)$ 为 i 村的回归常数; $\beta_k(u_i, v_i)$ 为 i 村的第 k 个致贫因子的回归参数,即模型函数在空间坐标 (u_i, v_i) 处的权重; x_{ik} 为致贫因子 x_k 在 i 村的值; ε_i 为 i 村的随机误差。 y (贫困发生率)与 x_k (致贫因子)间的关系随地理位置变化而变化。

空间核函数和核宽带是 GWR 模型拟合中最重要的参数,两者的选择对参数估计的科学性有关键影响。常用的空间核函数有固定型空间核、调整型空间核。以固定型空间核确定的 GWR 模型其空间权重采用高斯函数法,该方法克服了距离阈值法与距离反比法的缺点,满足要求的函数多,普适性强^[21],本研究选择此方法运行 GWR 模型。除此之外,在宽

表 1 贵州省剑河县致贫因子指标体系

维度	指标	数据获取方法	共线性统计量	
			容忍度	VIF
自然资本	平均坡度(°)	数字高程模型数据	0.856	1.168
	人均耕地面积(hm ² /人)	剑河县土地利用数据库	0.834	1.199
	到最近河流的距离(km)	剑河县土地利用数据库	0.886	1.129
社会资本	到最近公路的距离(km)	剑河县土地利用数据库	0.912	1.097
	到最近镇(乡)距离(km)	遥感	0.918	1.089
	缺资金致贫人口比例(%)	统计数据	0.830	1.205
人力资本	缺技术致贫人口比例(%)	统计数据	0.881	1.135
	缺劳动力致贫人口比例(%)	统计数据	0.873	1.145
	外出务工人员比例(%)	统计数据	0.859	1.164

注:数字高程模型数据来自地理空间数据云;剑河县土地利用数据库来自贵州省土地整治中心(辖区内的国有林场不属于任何行政村,因此本研究将其图斑舍去);统计数据来自剑河县扶贫数据云。

带的确定上常用的方法有赤池信息量准则 (Akaike information criterion, 简称 AIC) 法、交叉验证 (cross validation, 简称 CV) 法等。使用 CV 法确定宽带须要回归点与数据点一致, 而 AIC 法没有, 即 AIC 法考虑了不同模型不同自由度的差异, 相对能准确地比较^[22], 因此本研究选用 AIC 法确定模型宽带。

3 模型运算及结果分析

3.1 模型运行及参数检验

依托于 ArcGIS 10.1 平台, 以贫困发生率为因变量, 以平均坡度、到最近公路的距离、外出务工人员占比等 9 个因子为自变量, 选择固定型空间核和 AIC 法运行 GWR 模型。验证 GWR 模型对致贫因子分析的适配性, 对因变量和自变量进行普通最小二乘法 (ordinary least square, 简称 OLS) 模型分析。由表 2 可知, GWR 模型的校正决定系数 r_{adj}^2 为 0.698, 说明该模型可以解释因变量中 69.8% 的变化, 而 OLS 模型只可以解释 46.3%。同时, GWR 模型的赤池信息量准则 (AICc) 为 -415.067, 小于 OLS 模型的 -405.048, 表明 GWR 模型更佳。除此之外, 在残差的标准差以及决定系数 (r^2) 等模型性能参数的比较上, GWR 模型都要优于 OLS 模型。总而言之, 构建以贫困发生率为因变量, 以平均坡度、人均耕地面积等为自变量的回归分析, GWR 模型拟合效果更好, 更能解释变量间的相关关系。

表 2 GWR 与 OLS 模型参数比较

模型	标准差	AICc	r^2	r_{adj}^2
OLS	0.316	-405.048	0.537	0.463
GWR	0.114	-415.067	0.817	0.698

3.2 回归结果分析

3.2.1 平均坡度 平均坡度是衡量一个区域自然生态环境状况优劣的主要指标。由图 2 可知, 平均坡度对剑河县贫困发生率的影响作用以政府驻地革东镇为圆心, 从西北至东南方向呈圈层式递增, 形成以太拥镇为主的高值区和以革东镇、岑松镇为主的低值区格局。这表明平均坡度对太拥镇贫困形成的作用要大于其他乡 (镇), 而对革东镇、岑松镇贫困形成的作用则不明显。这主要是因为深山区的地形地貌相对陡峻, 坡度等自然环境状况既是其贫困形成的原因也是贫困结果的表现。因此, 以自然环境恶劣为贫困形成原因的地区一般以易地搬迁为主要扶贫解决措施。

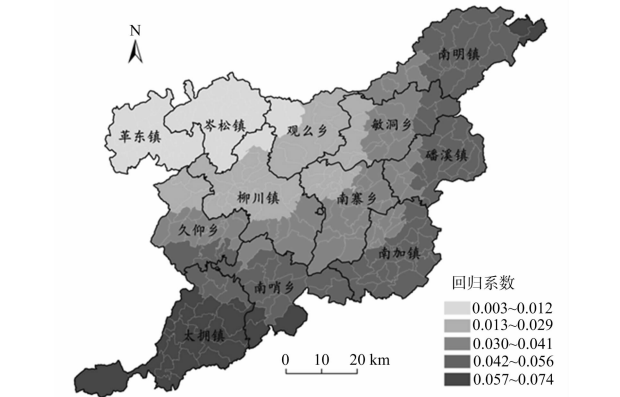


图2 平均坡度回归系数

3.2.2 人均耕地面积 耕地资源是人类生产生活的基本资料, 剑河县第一产业占比为 27.3%, 农业在其经济社会发展中仍然占重要地位, 尤其是对于农村地区。由图 3 可知, 人均耕地面积对剑河县贫困形成的影响作用是以观么乡为圆心, 呈圈层式向外递减, 在太拥镇西南部出现递增趋势。这表明观么乡、岑松镇东部、敏洞乡西部、南寨乡北部、太拥镇西南地区的村庄, 其贫困发生率与人均耕地面积的相关性较强。耕地资源的数量与质量为制约这些区域脱贫的主要因素。

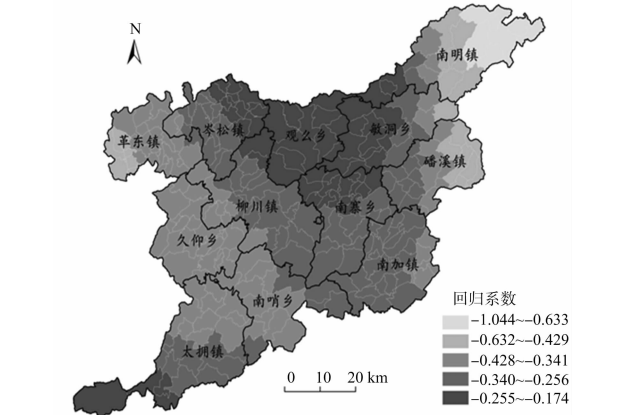


图3 人均耕地面积回归系数

3.2.3 到最近河流的距离 水资源是生产生活的必备条件, 它影响着一个区域的气候、生态、植被乃至生活习惯、民族文化、人文景观等, 潜移默化地对贫困造成影响。由图 4 可知, 到最近河流的距离对贫困的影响以岑松镇为圆心, 由北至南呈圈层式递增。对岑松镇的影响最小, 对太拥镇、南哨乡、南加镇等的影响相对较大。这主要是因为研究区境内的清水江由革东镇上游流至南加镇下游, 养殖、捕捞等渔业成为南加镇下游等地区的支柱性产业。河水的丰裕度与到河流距离的远近直接影响着该地区居民的经济收入, 从而对贫困造成影响。

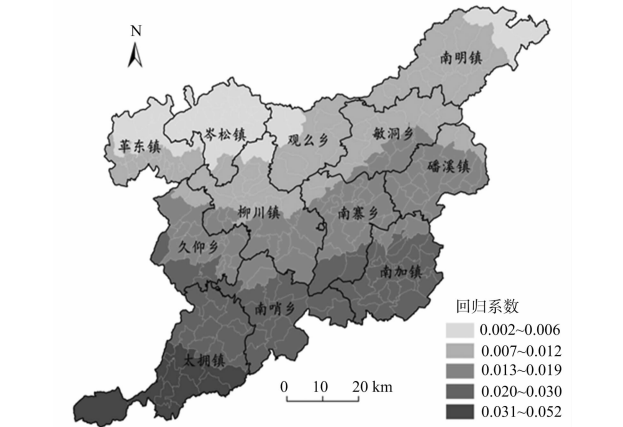


图4 到最近河流的距离回归系数

3.2.4 到最近公路的距离 交通条件直接体现一个地区与外界信息、物质的交流情况, 其便捷与否关系着区域经济发展的好坏。选择到最近公路的距离来衡量获取社会资本的机会。由图 5 可知, 到最近公路的距离对剑河县贫困的影响从西至东逐渐递减, 以革东镇、久仰乡、太拥镇等为高值区, 以南明镇、敏洞乡、礐溪镇等为低值区。这主要是因为革东镇作为

全县社会、经济、文化的中心,其辐射作用明显,到最近公路距离的远近直接影响其贫困发生率的高低;而对于久仰乡与太拥镇的部分地区,则是因为比较偏远,交通条件对经济的发展影响大,从而形成高值区。

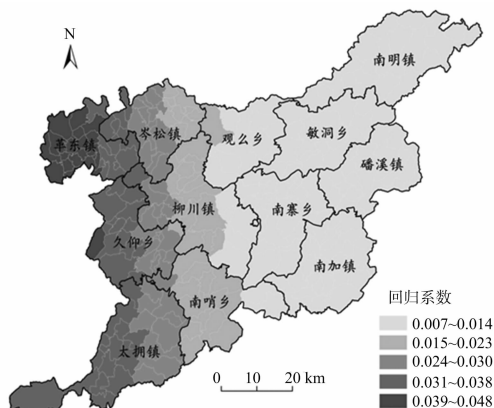


图5 到最近公路的距离回归系数

3.2.5 到最近镇(乡)的距离 乡(镇)对村的辐射作用要大于县城对村的辐射作用,特别是在乡(镇)远离县城的地区。由图6可知,到最近镇(乡)的距离对剑河县贫困的影响分别以西南部久仰乡、东南部南加镇为圆心,由西南至东北、东南至西北方向呈圈层式递减,久仰乡西南部、太拥镇西北部、南加镇东南部以及磻溪镇南部地区为高值区。这说明距久仰乡、南加镇等政府驻地的距离对其辖区内村庄的贫困发生率有明显影响。

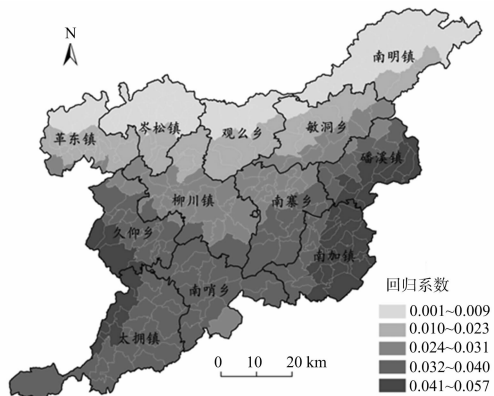


图6 到最近镇(乡)的距离回归系数

3.2.6 缺资金致贫人口比例 资金投入是改善一个地区基础设施以及经济发展最直接的方式。缺资金致贫人口占比体现了该区域资金投入的多少,显示了资金对贫困改善的影响。由图7可知,剑河县资金对贫困的影响由西南向东北方向逐渐降低,以太拥镇、南哨乡、久仰乡为高值区,以南明镇、敏洞乡、磻溪镇为低值区。这说明资金投入对太拥镇、南哨乡、久仰乡所辖村贫困的改善作用明显,同时也表明这些区域扶贫资金的缺乏。

3.2.7 缺技术致贫人口比例 科学技术是第一生产力,技术水平的提高对生产效率有明显的提升。对于农村地区,科学技术水平表现在劳动力技能的掌握上,缺乏技术致贫人口占比体现了技术水平对贫困的影响作用。由图8可知,剑河县技术水平对贫困的影响以柳川镇为圆心,向西北以及东部方

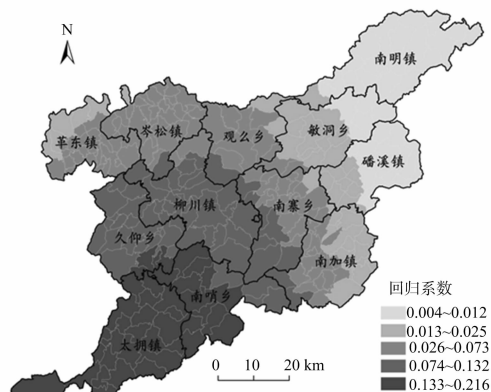


图7 缺资金致贫人口比例回归系数

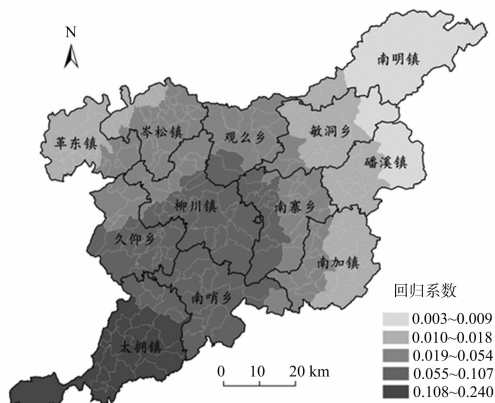


图8 缺技术致贫人口比例回归系数

向呈圈层式逐渐降低,西南方向则逐渐增高,形成以太拥镇为高值区,以久仰乡、南哨乡、柳川镇为次高区,以南明镇、磻溪镇为低值区的格局。这说明技术水平对太拥镇、久仰乡、南哨乡、柳川镇贫困的影响作用明显,提高该区域居民的技术水平可以有效降低贫困发生率。

3.2.8 缺劳动力致贫人口比例 劳动力是创造财富的根源。缺劳动力致贫人口占比揭示了劳动力对区域贫困的影响。由图9可知,劳动力对剑河县贫困发生率的影响以柳川镇与南寨乡交界为轴心,往东北、西南方向逐渐增高,往西北、东南方向逐渐降低,以太拥镇西南部、南明镇东北部为高值区。这说明太拥镇、南明镇部分地区劳动力对贫困发生率的影响较明显。劳动力的缺乏表明原生家庭老龄化严重,经济来源受限制。

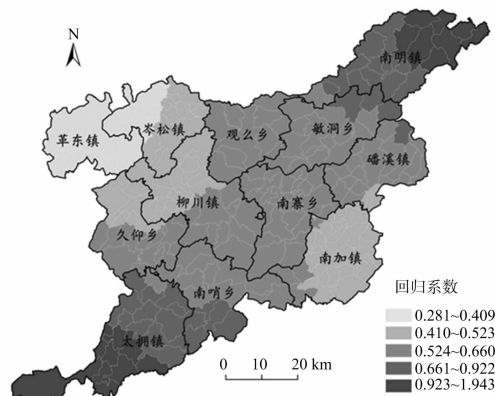


图9 缺劳动力致贫人口比例回归系数

3.2.9 外出务工人员比例 外出务工可以明显增加农户的收入,外出务工人员占比体现了获得社会资源的能力,是劳动力数量与质量的体现。由图 10 可知,外出务工人员对剑河县各村贫困发生率的影响由西向东逐渐增强,在南明镇东北地区减弱。形成以太拥镇西南部为低值区,南明镇中部、敏洞乡东部以及碛溪镇大部分地区为高值区的格局。这说明南明镇、敏洞乡、碛溪镇外出务工人员数的增加可以明显降低其贫困发生率,该区域劳动力素质相对较高。

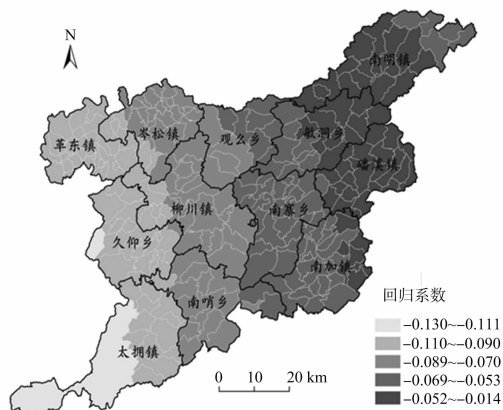


图10 外出务工人员比例回归系数

4 结论与启示

本研究以贵州省剑河县为例,运用地理加权回归模型估计了贫困影响因子的回归系数,从自然资本、社会资本、人力资本等 3 个维度诠释了该区域贫困形成的原因,得出如下结论:

(1) 自然资本对太拥镇贫困的影响作用最大,其次是观么乡。其中平均坡度、到最近河流的距离在太拥镇的回归系数最大;人均耕地面积在观么乡最大。因此,太拥镇地区作为环境恶劣区,以易地扶贫为摆脱贫困的主要手段,而观么乡则以提高耕地资源利用率进行农业基础设施投资以及产业扶持为主。

(2) 社会资本对离县城最近的革东镇和较远的南加镇、太拥镇、南哨乡、久仰乡的影响作用最明显。到最近公路的距离在革东镇回归系数最大;到最近乡(镇)的距离在南加镇、太拥镇、久仰乡回归系数最大;而扶贫资金在太拥镇、南哨乡回归系数最大。因此,革东镇扶贫须加强其村级交通建设;而太拥镇与南加镇则须加强乡(镇)级公路投资,从而提高乡(镇)的辐射能力。除此之外,扶贫资金还须适当地倾向于南哨乡和太拥镇。

(3) 人力资本在南明镇、碛溪镇、太拥镇对贫困的影响作用明显。其中,劳动力的数量以及技术人才在太拥镇地区回归系数最大;而外出务工人员数在南明镇、碛溪镇的回归系数最大。因此,太拥镇扶贫须要从社会保障与农业实用技术培训上入手,而南明镇、碛溪镇等地区则须要加大外出务工技能的培训。

总之,运用地理加权回归模型对贫困影响因素进行分析,体现了贫困在空间上的异质性。它对局部回归参数的估计更是精准扶贫时代到村到户精准分析致贫原因的需求。由于地理加权回归模型对分析数据的要求,本研究没有对政策、文化影响因素进行分析。而以贫困空间异质性为突破口,定量分析贫困影响因素,为贫困研究提供了新的视角。

参考文献:

- [1] 李明桥. 贵州山区收入结构对农户贫困状况的影响——基于普定县 3 个行政村的农户调查数据[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2016, 16(6): 131–140.
- [2] 王志章, 刘天元. 连片特困地区农村贫困代际传递的内生原因与破解路径[J]. 农村经济, 2016(5): 74–79.
- [3] 刘明宇. 贫困的制度成因[M]. 北京: 经济管理出版社, 2007.
- [4] 刘小鹏, 苏晓芳, 王亚娟, 等. 空间贫困研究及其对我国贫困地理研究的启示[J]. 干旱区地理, 2014, 37(1): 144–152.
- [5] 张丽君, 董益铭, 韩石. 西部民族地区空间贫困陷阱分析[J]. 民族研究, 2015(1): 25–35, 124.
- [6] 杨颖. 贵州农村反贫困的成效及影响因素分析[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(1): 148–152, 157.
- [7] 万骞昊, 司汉武. 农村文化致贫的 Logistic 模型分析——基于 CGSS 2010 数据库[J]. 四川农业大学学报, 2015, 33(4): 464–470.
- [8] 叶慧, 陈敏莉. 边境地区贫困农户多维特征及致贫因素分析——基于广西崇左市贫困户调查数据[J]. 北方民族大学学报(哲学社会科学版), 2016(4): 102–106.
- [9] 周倩, 马赞甫, 刘妍珺. 基于 DEA-Tobit 模型的贵州农村贫困影响因素分析[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(7): 239–243.
- [10] 万力, 刘妍珺, 马赞甫. 贵州民族自治地方的贫困影响因素分析[J]. 贵州民族研究, 2015, 36(10): 147–150.
- [11] 黄国勇, 张敏, 夏咏, 等. 新疆边境贫困县自然地理环境影响因素实证分析[J]. 干旱区地理, 2015, 38(4): 814–820.
- [12] 曹小曙, 任慧子, 黄晓燕. 经济发达地区乡村贫困的地方特征及其影响因素分析——以广东省连州市为例[J]. 地域研究与开发, 2014, 33(1): 34–40.
- [13] 王国敏, 李仕波. 贵州省农村贫困影响因素的灰色关联度分析[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(22): 5629–5634.
- [14] 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.
- [15] Brunsdon C, Fotheringham A S, Charlton M E. Geographically weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity[J]. Geographical Analysis, 1996, 28(4): 281–298.
- [16] 邵一希, 李满春, 陈振杰, 等. 地理加权回归在区域土地利用格局模拟中的应用——以常州市孟河镇为例[J]. 地理科学, 2010, 30(1): 92–97.
- [17] 刘世梁, 刘琦, 王聪, 等. 基于地理加权回归的漫湾库区景观破碎化及影响因子分析[J]. 地理科学, 2014, 34(7): 856–862.
- [18] 张静, 张丽芳, 濮励杰, 等. 基于 GWR 模型的城市住宅地价的时空演变研究——以江苏省为例[J]. 地理科学, 2012, 32(7): 828–834.
- [19] 苑韶峰, 杨丽霞, 桂佳山, 等. 耕地非农化的社会经济驱动因素异质性研究——基于 STIRPAT 和 GWR 模型的实证分析[J]. 经济地理, 2013, 33(5): 137–143.
- [20] 周晓艳, 宋祯利, 宋亚男, 等. 基于地理加权回归模型的长江中游地区人均耕地面积变化影响因素分析[J]. 水土保持通报, 2016, 36(1): 136–142.
- [21] 覃文忠. 地理加权回归基本理论与应用研究[D]. 上海: 同济大学, 2007: 14–17.
- [22] 罗昱辉. 基于 GWR 模型的城市住宅地价空间结构研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2007: 83–84.