

基于 GWR 模型的贵州省耕地集约利用水平 时空变化特征及影响因素分析

杨媛媛¹, 姚尧², 郝帅²

(1.中国地质大学(武汉)公共管理学院, 武汉 430074; 2.贵州财经大学公共管理学院, 贵阳 550025)

摘要:为贯彻落实我国粮食安全战略,缓解贵州省人地矛盾,参考大量相关文献,结合贵州省实际情况,从投入强度、利用程度、产出效益和持续状况 4 个方面,构建了具有 14 个二级指标的耕地集约水平评价模型,运用较为客观的均方差法对各指标赋予权重,分析了贵州省近 16 年来耕地集约度时空演变与空间分异特征,并运用 GWR 模型探寻其影响因子。结果表明:(1) 贵州省 2003—2018 年耕地集约利用水平总体呈现上升趋势。(2) 贵州省各市(州)耕地集约利用水平中,仅贵阳市的耕地集约水平逐渐下降,安顺市、六盘水市、黔东南州、遵义市 4 个地区稳步发展,其余地区略有波动。(3) 通过 GWR 模型的分析发现,投入强度和持续状况是影响区内耕地集约利用水平的主要因素,利用程度地区分异较小,产出效益地区分异则较大。研究结果可为贵州省提升耕地集约利用水平提供科学参考。

关键词:耕地集约利用; GWR; 变化特征; 贵州省

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2022)01-0326-07

Spatial-Temporal Variations and Influencing Factors of Intensified Cultivated Land Use Level in Guizhou Province Based on GWR Model

YANG Yuanyuan¹, YAO Yao², HAO Shuai²

(1.School of Public Administration, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2.School of Public Management, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang 500025, China)

Abstract: For the implementation of the strategy of our country food security, easing the contradiction between human and land in Guizhou referring to a large number of relevant literature, combining with the Guizhou Province of the international situation, from the input intensity, utilization degree, production efficiency and the continuous condition of four aspects, with 14 indicators to jointly build the cultivated land intensive level evaluation system of Guizhou Province, using objective weights for each indicator given mean square error method, the spatial and temporal variations of cultivated land intensive level in Guizhou were analyzed, and the GWR model was used to analyze the factors affecting the level of intensive cultivated land of Guizhou Province. The results show that: (1) the intensive utilization of cultivated land in Guizhou Province from 2003 to 2018 showed the overall upward trend; (2) at the intensive utilization level of cultivated land in all cities (states) of Guizhou Province, the intensive utilization level of cultivated land in Guiyang City was the only one to decline gradually, while that of Anshun City, Liupanshui City, Qiandongnan Prefecture and Zunyi City was developing steadily, and that the rest of the areas had some fluctuations; (3) through the analysis of GWR model, it was found that the most important factors affecting the intensive utilization level of cultivated land in various cities (states) of Guizhou Province were the input intensity and sustainable status; the difference in utilization degree was small in regions, while the difference in output efficiency was large in regions. The results of this study can provide scientific reference for enhancing the intensive cultivated land use level in Guizhou Province.

收稿日期:2021-01-18

修回日期:2021-02-08

资助项目:贵州省哲学社会科学规划课题项目(19GZQN11);2018 年度贵州财经大学引进人才科研启动项目(2018YJ25)

第一作者:杨媛媛(1992—),女,贵州榕江人,在读博士研究生,主要从事土地利用与自然保护区建设的研究。E-mail:739271126@qq.com

通信作者:姚尧(1988—),男,贵州榕江人,博士,副教授,主要从事城乡土地利用转型与环境经济的研究。E-mail:yyy@cug.edu.cn

Keywords: intensive use of arable land; GWR; change characteristics; Guizhou Province

耕地承载着农业生产的所有行为,同时也提供人类所有活动的载体,其对经济可持续发展、国家粮食安全和社会长治久安中承载着关键性作用^[1-2]。多年来,人口数量增长、建设用地扩张等对使得耕地资源越来越紧张,也在一定程度上制约着区域的可持续发展并带来一系列问题^[3-4],伴随快速城市化发展的大前提下,耕地数量将会呈现出持续减少的趋势^[5-7]。耕地集约利用在保障我国粮食安全和解决“三农”问题,实现我国乡村振兴的重要举措^[8]。因此,在耕地资源保质保量的前提下,如何转变耕地利用方式,提升耕地集约利用水平和效率,为实现区域可持续发展的同时保障国家粮食安全具有重要意义^[9-10]。

自 David 首次在经济学领域提出耕地集约利用这一概念以来^[11],国内外学者对耕地集约利用的研究成果不断完善和丰富。研究内容主要集中在耕地集约利用时空演变与空间分异规律^[12-16]、评价方法与体系^[17-20]、驱动力因子^[21-24]和与“社会—经济—生态”方面的耦合协调机制等^[25-28]方面。此外,还从多个层面、尺度对耕地集约利用进行研究:(1)李兆亮、张荣天和邓楚雄等从全国^[29-30]、流域^[22]、城市群^[31]和省域等^[23,27]宏观层面开展研究;(2)刘愿理、杨佳惠和居尔艾提·吾布力等从市级^[20,25]和县级等^[32]的中观层面进行研究;(3)葛玉娟、高阳和张新焕等从乡镇村^[33]和农户等^[34-36]微观的层面进行研究。研究方法上,主要集中于采用 PSR 模型^[37]、AHP 层次分析法^[38]、能值法等^[13]数理模型对耕地集约度进行量化和测算;采用主成分分析法^[39]、GWR 模型^[40]、多元线性回归模型等^[36,41]方法对影响耕地集约水平的因素进行分析。

相对于贵州省众多的人口来说,适宜耕种的平原土地数量本就较少,大多被占用从事非农用途,对贵州省的粮食安全造成不利影响。所以改变贵州省长期以来粗放的土地利用方式转而向耕地集约利用方式转变,就显得极其重要,不仅有利于缓解城市土地供求矛盾,还有利于维护和提高贵州省粮食产量,在促进土地利用和经济的可持续发展的同时,起到对生态环境保护的作用。在影响耕地集约利用水平变化的影响因素研究当中大多采用一般线性回归模型,其缺点在于一般线性回归模型是忽视局部特征的,其假设局部的影响程度都是相同的,但实际上不同地区的耕地质量既受地带性和非地带性规律的共同作用,也与各地区的社会经济发展程度相关联。所以各项影响因素对不同地区耕地的集约利用水平会有不同程

度的影响。GWR 模型正是为解决这一问题而提出的,考虑了局部变化特征的模型,本文在研究影响贵州省 9 个市(州)的耕地集约利用水平变化的分析中引入 GWR 模型,分析耕地集约利用的动态特征,研究促进各地区耕地集约利用程度提高的主要影响因素,为贵州省提高耕地集约利用水平、保护生态环境和缓解人地矛盾等提供参考。

1 研究区概况

贵州省是我国西南地区之一,是整个西南地区重要的陆路交通枢纽,也是国家生态文明试验区和内陆开放型经济试验区,其经纬度介于东经 103°36′—109°35′和北纬 24°3′—29°13′之间,矿产资源丰富,降水量充足。贵州省所占国土面积有 17.61 万 km²,而其中山地和丘陵面积就占了 92.50%之多,而山间平坝面积仅占 7.50%,省内耕地资源匮乏,农业条件较差,人多地少,全省大部分是岩溶山地,土地贫瘠,水土流失严重,加上长期不合理的开垦和利用方式,迫使土地更加贫瘠。截至 2018 年,贵州省拥有耕地面积 4.52 万 km²,占全省面积的 25.65%,但高等级耕地级别占比较低,仅占全省耕地评定总面积的 1.82%;通过实施土地开发整治、复垦项目耕地资源可持续利用状况逐渐趋于好转,耕地面积同比增长 21.07%,但由于人口增长较耕地面积增长的速度快,导致全省人均耕地面积到 2018 年仅为 1 000 m²/人。

2 研究方法

2.1 数据来源

本文所涉及的数据包括社会经济数据和基础地理信息数据。其中评价数据来源于《贵州省统计年鉴》(2004—2019 年)、《中国区域统计年鉴》(2004—2019 年)、《中国城市统计年鉴》(2004—2019 年)以及贵州省 9 个市州统计年鉴、社会经济公报等。耕地集约利用水平的各项指标数据通过收集的数据进行评价计算而得到,空间数据来源于基础地理信息系统数据库,运用 ArcGIS 10.2 提取了省行政区边界、市(州)行政区边界等矢量数据。

2.2 耕地集约利用水平评价体系

2.2.1 构建评价指标体系 因多因素综合评价方法是一种综合考虑多种影响因素,而后将多个影响因素量化为一个可以反映评价对象综合情况的指标来进行评价,从而实现评价目的的评价方法。本文基于前人研究成果,根据主导性原则、综合性原则、因地制宜

原则等,运用多因素综合评价方法,从投入强度、利用程度、产出效益和持续状况这 4 个方面进行综合考虑,选取 14 个指标,具体见表 1。

耕地的投入强度反映了该地区农业生成过程中将生产要素投入到耕地中的数量,一般来说,在合理的范围内,随着投入到单位面积耕地上的生产要素的增多,耕地集约利用的程度也就越高,超出合理范围之后,耕地的集约利用程度则会逐渐下降。耕地的利用程度是耕地利用状况的综合表现,往往受区域条

件、经济和技术水平的影响,其利用程度越高,耕地集约利用水平也越高。耕地的产出效益反映了该地区的耕地能够给人类和社会带来经济效益的多少。耕地的可持续状况综合反映一个地区社会与经济持续发展、耕地数与量等方面的可持续发展状况。

$$U_i = \sum_{j=1}^n I_{ij} \times W_j \quad (1)$$

式中: U_i 为集约度; W_j 代表第 j 个指标的权重值; I_{ij} 为指标标准化值。

表 1 贵州省耕地集约利用评价模型

| 目标层 | 准则层 | 指标层(方向) | 表达公示 | 单位 | 指标权重 | |
|--------------|------|-------------|-----------------|--------------------|-------|-------|
| 耕地集约 利用水平 | 投入强度 | 地均机械总动力(+) | 农业机械总动力/耕地面积 | kW/hm ² | 0.063 | |
| | | 地均化肥施用量(+) | 化肥施用量/耕地面积 | t/hm ² | 0.075 | |
| | | 地均耕地电力投入(+) | 农业用电量/耕地面积 | kW/hm ² | 0.062 | |
| | | 地均农业从业人数(+) | 农业从业人数/耕地面积 | 人/hm ² | 0.067 | |
| | 利用程度 | 耕地平衡指数(+) | 年末耕地总面积/年初耕地总面积 | % | 0.056 | |
| | | 复种指数(+) | 总播种面积/耕地面积 | % | 0.088 | |
| | | 垦殖系数(+) | 耕地面积/地区土地总面积 | % | 0.077 | |
| | 产出效益 | 地均产值(+) | 种植业总产值/耕地面积 | 万元/hm ² | 0.063 | |
| | | 劳均产值(+) | 种植业总产值/农村劳动力 | 万元/人 | 0.060 | |
| | | 劳均产量(+) | 粮食总产量/农村劳动力 | t/人 | 0.070 | |
| | | 粮食单产(+) | 粮食总产量/耕地总面积 | t/hm ² | 0.074 | |
| | | 人均耕地面积(+) | 耕地总面积/总人口 | hm ² /人 | 0.075 | |
| | | 持续状况 | 农村劳动力指数(+) | 农村劳动力/总人口 | | 0.087 |
| | | | 农业供养指数(+) | 种植业总产值/总人口 | | 0.081 |

2.2.2 数据标准化 因构建的耕地集约利用评价模型中不同指标的量纲不一致,需要对其标准化处理后才具可比性,本文采用离差标准化法进行标准化处理。因所有指标均为正向指标,其标准化方法一致,公式如下:

$$Y_i = \frac{X_i - \min\{X_j\}}{\max\{X_j\} - \min\{X_j\}} \quad 1 \leq j \leq n \quad (2)$$

2.2.3 确立指标权重 受地区自然状况、经济状况、社会状况等影响,不同地区各项指标对评价目标的影响程度存在差异性,故应科学的确立各指标的权重值,使得评价结果更符合真实现象。本文选择了与层次分析法、德尔菲法等相对而言更客观的均方差法确立权重。其计算过程如下:

(1) 求取标准化值的均值:

$$E_j = \sum_{i=1}^n \frac{Z_{ij}}{n} \quad (3)$$

式中: Z_{ij} 为第 j 个指标的标准化值; E_j 为 Z_{ij} 的均值。

(2) 计算均方差:

$$\sigma_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Z_{ij} - E_j)^2} \quad (4)$$

式中: σ_j 为 Z_{ij} 的均方差。

(3) 计算权重:

$$W_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{j=1}^m \sigma_j} \quad (5)$$

式中: W_j 为第 j 个指标对应的权重。

2.3 构建 GWR 模型并检验

2.3.1 模型的统计检验 在构建模型前首先要对模型的因变量进行统计检验,即空间自相关性检验。因为变量的观测点在空间上的邻近而促使变量的观测值相互之间形成相关性是进行 GWR 模型分析的前提条件,其测度方法是通过全局 Moran's I 指数来进行基本测度,这个指数兼顾了数值和二维空间之间的联系,能够充分反映空间邻近的区域单元属性值的相似程度。具体计算过程如下:

(1) 计算全局 Moran's I 指数:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}) \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (6)$$

式中: W_{ij} 为空间权重矩阵; x_i 和 x_j 分别为 i 和 j 的观测值; n 为空间单元的数量。若 Moran's $I > 0$,则表示变量之间呈正的空间自相关,变量趋向空间集聚状况,反之,呈负的空间自相关,变量趋向分散分布;若 Moran's $I =$

0,则表示变量在空间上是随机分布的。其绝对值的大小越接近 1,就代表其空间分布的差异大。

(2) 统计检验:

$$Z = \frac{I - E(I)}{SD(I)} \quad (7)$$

式中:SD(I)为标准方差;E(I)为均值;如果 Z>0,表示存在正的空间自相关关系,反之,则为负的空间自相关关系。

计算 2003 年、2008 年、2013 年和 2018 年的 Moran's I 值及其统计检验见表 2,所有时期的 Moran's I 值 Z 值均通过了 5%的统计检验,表明其存在着空间自相关关系。并且,4 个年份的 Moran's I 值处在[0.215, 0.337]这个区间,又在 2013 年达到最高值,表明贵州省耕地集约度空间相关性在这 4 个时期均为正向相关,其相关性逐渐增强,集聚效应明显。

表 2 检验结果

| 年份 | Moran's I | Z 值 | p 值 |
|------|-----------|-------|-------|
| 2003 | 0.215 | 2.411 | 0.024 |
| 2008 | 0.253 | 2.354 | 0.025 |
| 2013 | 0.337 | 2.301 | 0.023 |
| 2018 | 0.295 | 2.338 | 0.023 |

2.3.2 GWR 模型构建 与 OLS 模型不同的是地理加权回归模型即考虑了空间非平稳性,模型的解释变量的系数值随地理位置的不同而略有差异。因其具有如此的优势,本文采用 GWR 模型对耕地集约利用水平的影响因素进行分析。

$$y(u) = \beta_0(u) + \sum_{k=1}^p \beta_k(u) \times x_k(u) + \epsilon(u) \quad (8)$$

式中: $\beta_0(u)$ 为截距项; $\beta_k(u)$ 为第 k 个协变量的回归系数; $x_k(u)$ 是位置 u 的第 k 个协变量的值;p 为回归项的个数; $\epsilon(u)$ 是位置 u 的随机误差项。

由表 3 看出,该模型分别解释了 4 个年份因变量的 78%,75%,80%和 82%,说明模型拟合效果较好。

表 3 统计检验结果

| 年份 | 2003 年 | 2008 年 | 2013 年 | 2018 年 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 模型拟合优度 | 0.823 | 0.792 | 0.844 | 0.853 |
| 校正模型拟合优度 | 0.782 | 0.751 | 0.803 | 0.824 |
| 局域 R ² | 0.748~0.841 | 0.831~0.852 | 0.796~0.875 | 0.843~0.887 |

4 结果与分析

4.1 耕地集约利用水平时间变化特征

4.1.1 贵州省耕地总体集约利用水平变化时间特征 通过图 1 分析可知,贵州省 2003—2018 年的耕地集约度整体呈波动上升的变化趋势,最高值出现在 2014 年为 0.580 2,其时序变化可以粗略的分为 2 个时期,第一个时期在 2003—2013 年,一直处于低集约水平,第 2 个时期的 2014 年、2016 年和 2017 年进

入中度集约水平。4 个研究节点的集约度分别为 0.359 3(2003 年),0.496 5(2008 年),0.489 7(2013 年),0.512 7(2018 年)。

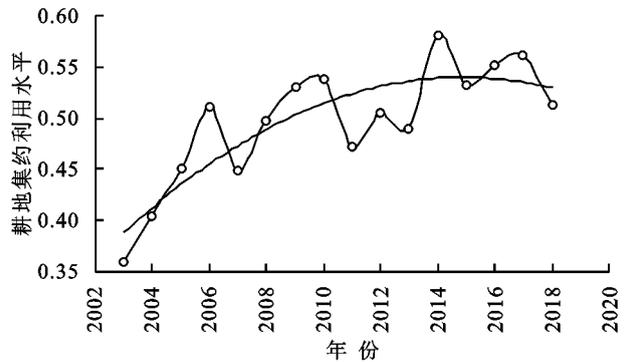


图 1 贵州省耕地集约利用水平变化

4.1.2 市级耕地集约利用水平时空变化特征 通过将贵州省各市(州)4 个时间节点的耕地集约度进行比较分析,可按变化情况分为上升趋势、波动变化和下降趋势 3 种特征,其具体情况由表可知,处于上升趋势的多位于西南部,随时间变化而波动的市(州)较为分散,城市化和工业化较高的贵阳市,其耕地集约利用水平逐年降低(图 2)。

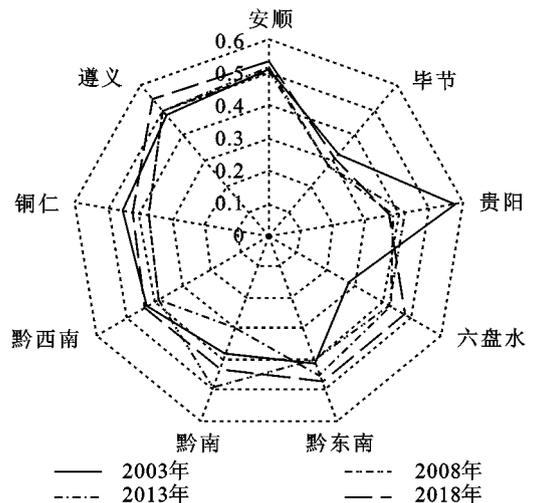


图 2 贵州省各市(州)2003—2018 年耕地集约利用水平变化

通过将贵州省各市(州)4 个时间节点的耕地集约利用水平进行比较分析,可将变化趋势归纳为上升趋势、波动变化和下降趋势 3 种变化特征,其具体情况由表可知,处于上升趋势的多位于西南部,随时间变化而波动的市(州)较为分散,城市化和工业化较高的贵阳市,其耕地集约利用水平逐年降低,见表 4。

表 4 贵州省 2003—2018 年各市(州)耕地集约利用度变化类型

| 变化特征 | 市(州) |
|------|-------------------|
| 上升 | 遵义市、黔东南州、安顺市、六盘水市 |
| 波动 | 铜仁市、黔西南州、毕节市、黔南州 |
| 下降 | 贵阳 |

4.2 耕地集约利用水平空间分异特征

为进一步研究其空间特征,本文考虑了贵州省耕地实际的利用状况,综合相关文献的研究成果,将贵州省2003—2018年的耕地集约度结果按得分划分为:不集约(≤ 0.3)、低度集约($0.3 \sim 0.5$)、中度集约($0.5 \sim 0.8$)、高度集约(≥ 0.8)4种类型,并运用 ArcGIS 10.2 软件绘制研究的4个时间节点的空间分布图(图3)。

从4个时间节点来看,2003年仅有贵阳市和安顺市处于中度集约水平,六盘水处于不集约水平,其他各市(州)均为低度集约水平。2008年中度集约的地区仅有安顺市,不集约的只有毕节市,其他地区低度集约。2013年中度集约的依然市安顺市,与2008年仅有毕节市为不集约水平不同的是,2013年黔南州也处于不集约水平。2018年贵州各没有不集约的地区,当除安顺市、遵义

市属于中度集约外,其他地区均为低度集约。

2003—2008年,六盘水市和黔南州集约度相对其他地区均有较大提升,分别上升0.16,0.12,安顺市和遵义市的集约度小幅度增长,增长数值小于0.05,贵阳市集约度大幅度下降,从中度集约降低到低度集约,其他地区也有小幅度下降。2008—2013年,六盘水市、黔东南州、铜仁市、遵义市均有小幅度上升,其他市州略有下降。2013—2018年,黔南州集约度上升较大,从0.297上升到0.433,贵阳市略有下降,其他地区均略有上升。综合来说,贵州省各市(州)集约度在2013—2018年这个时期有了全方位的提升,整体趋向良好发展;安顺市在整个观测期间始终处于中度集约程度;贵阳市耕地集约度逐年下降;遵义市由低集约度发展到中度集约。

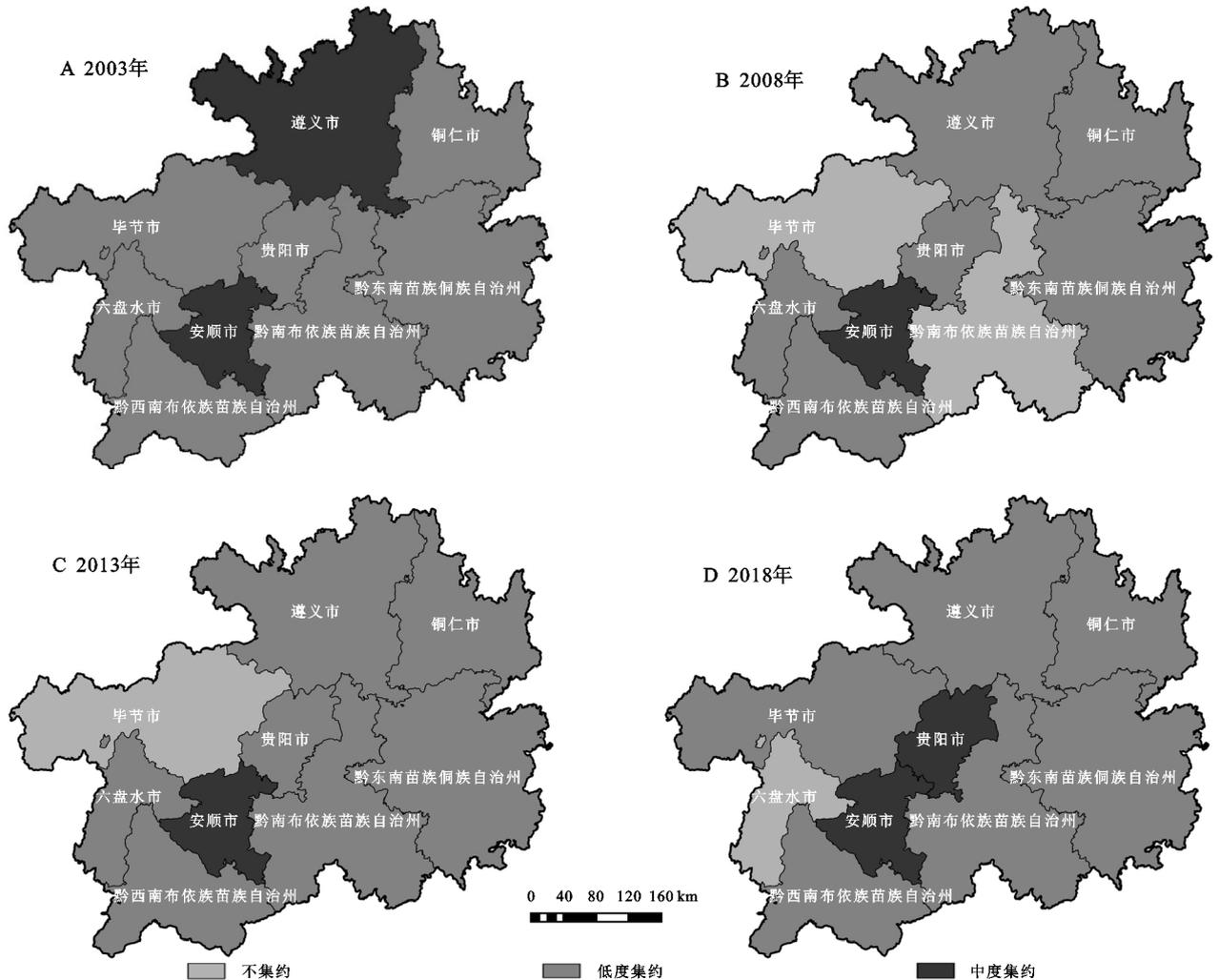


图3 贵州省2003—2018年各市(州)耕地集约利用水平空间分异

4.3 耕地集约利用水平影响因素分析

本文运用了 ArcGIS 10.2 的地理加权回归模型,对贵州省2003—2018年的评价数据进行深入分析,由于篇幅所限,仅以2018年的处理结果深入展开进行论述。

由表5可知,2018年整体来看贵州省持续状况回归系数值最高,其值由大到小依次为持续状况>投入强度>利用程度>产出效益,说明在2018年持续状况和投入强度对贵州省耕地集约利用水平的影响

较高。具体来说:

表 5 贵州省 2018 年各市(州)耕地集约利用影响因素回归系数

| 地区 | 投入强度 | 利用程度 | 产出效益 | 持续状况 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 安顺 | 0.177 | 0.136 | 0.191 | 0.143 |
| 毕节 | 0.188 | 0.148 | 0.061 | 0.176 |
| 贵阳 | 0.196 | 0.122 | 0.119 | 0.131 |
| 六盘水 | 0.183 | 0.139 | 0.165 | 0.112 |
| 黔东南 | 0.104 | 0.127 | 0.119 | 0.121 |
| 黔南 | 0.192 | 0.180 | 0.116 | 0.244 |
| 黔西南 | 0.266 | 0.131 | 0.134 | 0.032 |
| 铜仁 | 0.173 | 0.111 | 0.097 | 0.256 |
| 遵义 | 0.213 | 0.133 | 0.149 | 0.257 |
| 贵州省 | 0.184 | 0.145 | 0.128 | 0.191 |

(1) 投入强度方面。投入强度的系数值从 0.104 至 0.266,多处于 0.173 以上,黔西南州的投入强度系数高达 0.266。相对于利用程度和产出效益来说,投入强度的影响更大,这是因为通过合理的增加投入强度是提高耕地集约度的必由之路,通过合理的增加单位面积土地上的投入才能增加单位面积土地上的产出。黔东南州是贵州省社会经济发展较为落后的地区,又受地理条件的影响,地均机械总动力较低,所以对集约水平的影响较低;遵义市受投入强度影响最大,自 2013 年以来,遵义市地均化肥施用量、地均耕地电力投入和地均农业从业人数迅速增长,对贵州省耕地集约利用水平有较高影响。

(2) 利用程度方面。由于贵州省各市(州)地形地貌差异较小,所以除地形较为平坦、气候较为湿润导致复种指数和垦殖系数较高的黔南州外,利用程度对贵州省各市(州)的影响程度的差异相对较小。

(3) 产出效益方面。产出效益的系数除毕节市外,各市(州)相差较小,最高值 0.191 的安顺市和最低值 0.061 的毕节市相差 3 倍以上,出现这种情况的原因,一是毕节市相对于其他地区耕地面积更为广阔,劳动力数量更多,而粮食的产量、产值与其他地区相差不大,导致其粮食单产、劳均产值、劳均产量和地均产值比其他地区相对较小,耕地集约利用水平受到的影响程度也就相对较小。

(4) 持续状况方面。持续状况系数值在贵州省各地区差异较大,最高值 0.256 的铜仁和最低值 0.032 的黔西南州,相差近 8 倍,可见持续状况是影响各地区耕地集约水平的主要因子之一,造成这种情况的原因可能是各地区社会经济发展水平差异较大,黔西南州、黔南州和遵义市的城镇化水平较高,其第二产业和第三产业对第一产业的可持续造成较大影响。

5 结论

(1) 总体来看,贵州省 2003—2018 年耕地集约度呈现波动上升的趋势,但尚未达到高度集约水平,如何持续提升耕地集约利用水平,将成为贵州省市州发展及国家与区域战略研究的重要任务。以 2014 年为分界点,2014 年之前的年份处于低度集约水平,但在中国城市化和工业化的发展带动之下,农业劳动力向非农转移,以及土地流转的频率提高,使得从事农业工作的人员所能耕种的土地面积增加,即土地规模报酬递增效应;同时,科学技术的提高,工业化进程的推进,使得投入到第一产业的要素增加,即出现二、三产业反哺农业的现象,使得 2014 年开始,贵州省进入中度集约水平,但受农村劳动力流失、贵州大面积退耕还林等因素的影响,2014 年之后的集约水平略有波动,尤其是 2018 年耕地集约度又下降到 0.512 7,但仍处于中度集约水平。

(2) 分市州来看,贵州省各市州 2003—2018 年的集约水平分为 3 种变化特征,即上升、波动、下降 3 种特征。其中,9 个市(州)仅贵阳市由于城市化的迅速发展,大批量的占用耕地,经济发展主要以第二产业和第三产业为主,从中度集约下降到低度集约;安顺市、六盘水市、黔东南州、遵义市 4 个地区稳步发展,耕地集约水平逐渐提升,其中遵义市集约水平更是从低度集约发展到了中度集约,可能的原因是遵义市临接四川省、重庆市,且交通便利,经济得以迅速发展,使得能够再次投入到耕地中的要素增加,大大提升了遵义市的耕地集约水平,其他地区则处于波动变化当中。

(3) 从影响因素方面来看,借助 GWR 模型分析结果可知,贵州省耕地集约利用水平程度主要受持续状况和投入强度的影响,而产出效益和利用状况相对影响较弱。究其原因,持续状况和投入强度作为耕地集约度水平提升的前提和基础条件,省内各市(州)基础水平差异较小,但对贵州省耕地集约利用水平影响较大;而产出效益和利用状况衡量了种植业经济可持续发展的状况,利用情况受贵州省特殊的地理情况的影响,对各地区影响程度相对均一,产出效益在各市(州)的影响程度有很大差异。在今后提升贵州省耕地集约水平的工作中应当考虑从明确土地权属,加大土地流转;优化产业结构;挖掘乡村文化,促进农旅结合;加强退耕还林,促进可持续发展;规范合作社,促进合作社发展,带动贫困地区农民就业的同时提高耕地集约利用水平。

- 参考文献:
- [1] Su M, Guo R, Hong W. Institutional transition and implementation path for cultivated land protection in highly urbanized regions: A case study of Shenzhen, China [J]. *Land Use Policy*, 2019, 81:493-501.
- [2] Liu X, Zhao C, Song W. Review of the evolution of cultivated land protection policies in the period following China's reform and liberalization[J]. *Land Use Policy*, 2017:660-669.
- [3] Li W B, Wang D Y, Liu S H, et al. Measuring urbanization-occupation and internal conversion of peri-urban cultivated land to determine changes in the peri-urban agriculture of the black soil region[J]. *Ecological Indicators*, 2019, 102:328-337.
- [4] 刘彦随, 乔陆印. 中国新型城镇化背景下耕地保护制度与政策创新[J]. *经济地理*, 2014, 34(4):1-6.
- [5] 井睿, 张蚌蚌, 赵敏娟, 等. 近 35 年中国耕地集约度时空变化特征分析[J]. *水土保持研究*, 2019, 26(5):353-358, 365.
- [6] 刘婧鸣, 侯现慧, 王占岐, 等. 耕地细碎化与耕地集约利用水平空间相关特征研究: 以湖北省为例[J]. *中国土地科学*, 2017, 31(12):51-59, 2, 97.
- [7] 邹健, 龙花楼. 改革开放以来中国耕地利用与粮食生产安全格局变动研究[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(8):1366-1377.
- [8] 杜国明, 刘彦随. 黑龙江省耕地集约利用评价及分区研究[J]. *资源科学*, 2013, 35(3):554-560.
- [9] 吕晓, 牛善栋, 李振波, 等. 中国耕地集约利用研究现状及趋势分析[J]. *农业工程学报*, 2015, 31(18):212-224.
- [10] Shi S, Han Y, Yu W, et al. Spatio-temporal differences and factors influencing intensive cropland use in the Huang-Huai-Hai Plain[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2018, 28(11):1626-1640.
- [11] 大卫·李嘉图. 政治经济学及赋税原理[M]. 北京: 商务印书馆, 1972.
- [12] Yin G, Lin Z, Jiang X, et al. Spatiotemporal differentiations of arable land use intensity: A comparative study of two typical grain producing regions in northern and southern China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 208:1159-1170.
- [13] 谢花林, 邹金浪, 彭小琳. 基于能值的鄱阳湖生态经济区耕地利用集约度时空差异分析[J]. *地理学报*, 2012, 67(7):889-902.
- [14] 陈士银, 马智宇. 茂名市耕地集约利用时空特征及其优化研究[J]. *资源与生态学*: 英文版, 2020, 11(6):598-605.
- [15] 张闯娟, 何洪鸣. 西南地区耕地复种指数的时空格局演变及影响因素[J]. *干旱地区农业研究*, 2020, 38(3):222-230.
- [16] 井睿, 张蚌蚌, 赵敏娟, 等. 近 35 年中国耕地集约度时空变化特征分析[J]. *水土保持研究*, 2019, 26(5):353-358, 365.
- [17] Khanal A R, Mishra A K, Bhattarai M. Assessing the impact of weather risk on land use intensity: A nonstationary and dynamic panel modeling approach [J]. *Land Economics*, 2017, 93(1):40-58.
- [18] Blanke J H, Olin S, Stürck J, et al. Assessing the impact of changes in land-use intensity and climate on simulated trade-offs between crop yield and nitrogen leaching[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2017, 239:385-398.
- [19] 马聪, 刘黎明. 不同经济发展水平地区耕地利用集约度比较[J]. *资源科学*, 2019, 41(12):2296-2306.
- [20] 杨佳惠, 雷国平, 张健. 煤炭资源枯竭型城市鸡西市耕地集约利用评价[J]. *水土保持研究*, 2013, 20(2):250-253.
- [21] 刘永康, 刘学录, 张一达, 等. 耕地集约利用的空间特征及影响因素研究: 以甘肃省东部四市为例[J]. *农业现代化研究*, 2019, 40(4):574-582.
- [22] 张荣天, 陆建飞. 长江经济带耕地集约利用多尺度时空特征与影响因素分析[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(24):271-278.
- [23] 刘永康, 刘学录, 张一达, 等. 耕地集约利用的空间特征及影响因素研究: 以甘肃省东部四市为例[J]. *农业现代化研究*, 2019, 40(4):574-582.
- [24] 程兰花, 杨德刚, 张新焕, 等. 基于 PSR 模型的新疆县域耕地集约利用时空演化特征[J]. *干旱区研究*, 2018, 35(2):493-502.
- [25] 居尔艾提·吾布力, 安瓦尔·买买提明, 薛东前. 城镇化与耕地集约利用水平及其耦合协调发展: 以新疆阿克苏市为例[J]. *干旱区研究*, 2019, 36(6):1333-1343.
- [26] 彭文龙, 吕晓. 农户视角下耕地规模经营与集约利用的耦合关系[J]. *地理与地理信息科学*, 2019, 35(4):91-97.
- [27] 王剑, 薛东前, 马蓓蓓, 等. 西北 5 省耕地集约利用与农业碳排放时空耦合关系研究[J]. *环境科学与技术*, 2019, 42(1):211-217.
- [28] 张浩, 冯淑怡, 曲福田. 耕地保护、建设用地集约利用与城镇化耦合协调性研究[J]. *自然资源学报*, 2017, 32(6):1002-1015.
- [29] 王向东, 沈孝强, 王振波, 等. 中国耕地集约化利用评价 2010—2016[J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(4):58-67.
- [30] 李兆亮, 杨子生, 邹金浪. 我国耕地利用集约度空间差异及影响因素研究[J]. *农业现代化研究*, 2014, 35(1):88-92.
- [31] 邓楚雄, 谢炳庚, 李晓青, 等. 基于投影寻踪法的长株潭城市群地区耕地集约利用评价[J]. *地理研究*, 2013, 32(11):2000-2008.
- [32] 刘愿理, 廖和平, 杨伟, 等. 三峡库区耕地集约利用评价分析: 以重庆市忠县为例[J]. *西南师范大学学报: 自然科学版*, 2014, 39(5):148-156.

力指数最高值与最低值相差近 1.26 倍,除 2018 年外,绝大多数年份处于稳定水平;濮阳、焦作、鹤壁农业水土资源承载力年均增长速率较快,均超过 9%;信阳和驻马店下降较快,年均分别下降 8.49% 和 2.77%。

(2) 2006—2018 年,河南省农业水土资源承载力在空间上的分布规律为:豫北>豫南>豫东>豫西,其中郑州、新乡、信阳、商丘、许昌等 5 市较高,开封、平顶山、漯河、鹤壁等 4 市较低,研究时段内豫南农业水土资源承载力逐渐下降、豫北和豫东逐渐增高。

(3) 对河南省农业水土资源承载力影响较大的因子主要有农作物受灾面积比例、本年度农林水利工程投资比例、废水处理率、农业水土资源匹配系数以及森林覆盖率。

参考文献:

- [1] 程国强,朱满德.新冠肺炎疫情冲击粮食安全:趋势、影响与应对[J].中国农村经济,2020(5):13-20.
- [2] 哈斯巴根,李百岁,宝音,等.区域土地资源人口承载力理论模型及实证研究[J].地理科学,2008,28(2):189-194.
- [3] 任守德,付强,王凯,等.基于 RAGA-PPPCA 模型的区域农业水土资源承载力综合评价[J].水土保持研究,2011,18(1):116-120.
- [4] 谢文明,于飞,冯晓宇,等.太湖流域农村地区典型村镇土壤养分和水体污染现状调查[J].土壤,2014,46(4):613-617.
- [5] 陈郁,周琳,陈广燕.中国粮食总量需求 2030 年将达到峰值[N].中国经济时报,2016-12-01(5).
- [6] 段春青,刘昌明,陈晓楠,等.区域水资源承载力概念及研究方法的探讨[J].地理学报,2010,65(1):82-90.
- [7] 岳晓燕,宋伶英.土地资源承载力研究方法的回顾与展望[J].水土保持研究,2008,15(1):254-257.
- [8] 任守德,付强,王凯.基于宏微观尺度的三江平原区域农业水土资源承载力[J].农业工程学报,2011,27(2):8-14.
- [9] 王国强,毋黎明.河南省农业水土资源空间匹配格局对产能的影响[J].河南理工大学学报:自然科学版,2012,31(2):225-231.
- [10] 李慧,周维博,庄妍,等.延安市农业水土资源匹配及承载力[J].农业工程学报,2016,32(5):156-162.
- [11] 杨剑,丁玲玲,李新尧,等.基于熵权 TOPSIS 的湖北省农业水土资源承载力时空动态研究[J].土壤,2019,51(6):1246-1252.
- [12] 李明薇,陈伟强,鄢雨早,等.基于投影寻踪模型的河南省耕地生态安全评价[J].水土保持研究,2018,25(4):257-263,269.
- [13] 邓炯,高树青.河南省耕地后备资源现状与开发复垦分析[J].河南国土资源,2003(4):32-35.
- [14] 李乃强,徐贵阳.基于自然间断点分级法的土地利用数据网格化分析[J].测绘通报,2020(4):106-110.
- [15] 文倩,孟天醒,鄢雨早.河南省农业水土资源时空分异与匹配格局[J].水土保持研究,2017,24(5):233-239.
- [16] 河南省统计局.河南统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2019.
- [17] 高超,程永政.“十二五”期间河南粮食发展的水土资源保障研究[J].中国农业资源与区划,2011,32(1):14-18.
- [18] 高明国.河南省耕地安全状况及综合性保护研究[J].创新科技,2017,17(4):18-20.
- [19] 杨娟,王帅,骆云中.基于主成分分析的河南省粮食产量影响因素研究[J].湖北农业科学,2017,56(13):2587-2592.
- [33] 葛玉娟,赵宇鸾,李秀彬.山区耕地细碎化对土地利用集约度影响:以贵州省亚鱼村为例[J].地理科学进展,2020,39(7):1095-1105.
- [34] 高阳,刘慧芳,毕如田,等.矿农复合区农户耕地利用集约度影响因素分析:以晋城市泽州县 22 个村为例[J].中国农业资源与区划,2018,39(1):131-139.
- [35] 张新焕,杨德刚,王昌燕,等.基于地块尺度的耕地集约利用与环境压力关系:以塔里木河流域 780 个地块为例[J].中国生态农业学报,2012,20(5):635-642.
- [36] 王秀圆,阎建忠.山区农户耕地利用集约度及其影响因素:以重庆市 12 个典型村为例[J].地理研究,2015,34(5):895-908.
- [37] 廖仕梅,刘卫平,魏朝富,等.基于 PSR 模型典型山区耕地集约利用及其驱动力研究:以四川凉山彝族自治州为例[J].西南大学学报:自然科学版,2018,40(5):150-159.
- [38] 宋佳楠,金晓斌,周寅康.基于多层线性模型的耕地集约利用对粮食生产力贡献度分析:以内蒙古自治区为例[J].资源科学,2010,32(6):1161-1168.
- [39] 何坚坚,庞博,张鹏岩,等.耕地集约利用的变化、态势与驱动力分析:以河南省为例[J].河南大学学报:自然科学版,2018,48(4):404-414.
- [40] 邢璐平,方斌,向梦杰.基于 GWR 模型的江苏省耕地集约利用水平时空变化特征及影响因素[J].长江流域资源与环境,2019,28(2):376-386.
- [41] 宋利利,秦明周,陈瑜琦,等.基于县级面板数据的河南省耕地利用集约度区域差异及其影响因素[J].水土保持研究,2016,23(4):239-244.

(上接第 332 页)