

引用格式:陈爽,李阳兵,李明珍. 镇域尺度的规模农地演变特征及其驱动机制研究——以重庆奉节县为例[J]. 山地学报,2021,39(1): 101-116

CHEN Shuang, LI Yangbing, LI Mingzhen. Evolution pattern and driving mechanism in farmland of scale on town level: a case study of Fengjie County in Chongqing, China[J]. Mountain Research, 2021, 39(1): 101-116

镇域尺度的规模农地演变特征及其驱动机制研究 ——以重庆奉节县为例

陈爽¹, 李阳兵^{1,2*}, 李明珍¹

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 401331; 2. 三峡库区地表过程与环境遥感重庆市重点实验室, 重庆 401331)

摘要: 在土地利用逐步集约化以及乡村振兴战略背景下,厘清山区规模农地时空演变规律及其驱动机制,对于整合山区有限的农地资源,推动农业适度规模化经营意义重大。为揭示山区镇域尺度规模农地演变规律,本文基于重庆市奉节县典型山区乡镇 2008 年、2018 年两期 4 类农地斑块数据,综合运用 GIS 空间分析技术和景观格局指数等方法对比分析草堂镇、康乐镇规模农地发展演变特征,并引入地理探测器模型进一步探讨规模农地演变的驱动因子。结果显示:传统型耕地数量呈下降态势,现代型果园数量均有所增长,现代型蔬菜、茶园数量比较稳定;传统型耕地分布热点区域缩减,现代型果园核密度最高值是 2008 年的 2~3 倍,各类型规模农地在镇级尺度分布呈聚集、均匀和随机 3 种模式,集聚特征空间尺度范围缩小;斑块特征上 CA、NP、MNN 三项指标变化最大,CA 与 NP 呈正相关,最小平均最近距离 MNN 由传统型耕地变为现代型果园,现代型蔬菜斑块形状最为规整;距河流距离、距道路距离和农业人口密度等主导因子以及距河流距离 \cap 高程、距道路距离 \cap 农业人口密度等交互因子是推动规模农地演变的重要驱动力。本研究对于山区农地资源整治、规模农地发展以及转变农业发展模式具有借鉴意义。

关键词: 镇域尺度;演变特征;规模农地;地理探测器;奉节县

中图分类号: S17

文献标志码: A

农地细碎化经营导致的耕作效率低下、农业产出率不高,不利于实现农业现代化^[1-2]。随着社会经济条件的改善,农业现代化建设进程加快,原有细碎分散的耕地格局将会逐渐被规整集约的耕地格局所取代^[3]。农地高效集约化利用是帮助当前农业发展走出困境的重要途径,可避免地区工农业比例失调造成的农业萎缩^[4]。中国作为一个多山国家,坡耕地分布广阔,可利用农地多呈细碎、分散状态,

以至于山区耕地可持续发展目标难以实现^[5]。因此,推动农地集约化、规模化利用是改变当前山区耕地利用现状的重要举措^[6]。有序开展山区坡耕地整治工作,将有助于提升农地规模化经营水平,同时使得长期存在的农地细碎化问题得以解决,还能有效缓解土地闲置、耕地撂荒等压力^[7-10]。

“规模农地”(farmland of scale)可视为农地规模化经营进一步发展的产物^[11]。在土地利用逐步

收稿日期(Received date):2020-07-24;改回日期(Accepted date):2021-02-04

基金项目(Foundation item):重庆市基础研究与前沿探索项目(cstc2018jcyjA0539);重庆市教育委员会人文社会科学研究项目(19JD026)。
[Chongqing Basic Research and Frontier Exploration Project(cstc2018jcyjA0539); Humanities and Social Science Research Project of Chongqing Education(19JD026)]

作者简介(Biography):陈爽(1995-),男,重庆奉节人,硕士研究生,主要研究方向:水土保持与土地利用研究。[CHEN Shuang(1995-), male, born in Fengjie, Chongqing. M.Sc. candidate, research on soil and water conservation and land utilization] E-mail: shaun_chen@foxmail.com

* 通讯作者(Corresponding author):李阳兵(1968-),男,重庆潼南人,博士,教授,主要研究方向:土地利用与生态过程研究。[LI Yangbing(1968-), male, born in Tongnan, Chongqing. Ph.D., professor, research on land use and ecological process] E-mail: li-yabin@sohu.com

集约化以及乡村振兴战略背景下,厘清山区规模农地时空演变规律,对于整合山区有限的农地资源,推动农业适度规模化经营和减少耕地资源浪费意义重大^[12]。目前针对规模农地的研究侧重于农地经营规模^[13-15]、功能转型^[16-18]、空间分布规律^[19]以及规模与生产率的关系^[20]等方面;研究案例区域涉及东北、华东、西北、西南等地区^[20-22],且主要倾向于河谷、平原等地势平坦的典型区域^[23-24];研究尺度以国家、省市、县,以中大型尺度为主,多数以省级行政单位为研究重点^[25-26],而对于地处三峡库区腹地山区镇域尺度规模农地演变特征及其驱动因素定量研究相对欠缺,难以准确把握微观尺度上规模农地的时空演变规律。

重庆市奉节县位于三峡库区腹地生态环境敏感区^[27-28],地形以山地丘陵为主,近年来出现了耕—果转换等形成的规模农地经营^[29]。草堂镇和康乐镇分别位于奉节县的东部和北部,地貌各异,社会经济发展水平不一致,规模农地时空分布格局变化较大,具有较强的代表性。为了更加准确刻画山区规模农地时空演变特征,本文尝试基于微观尺度视角,

选取康乐镇、草堂镇为研究区,采用 GIS 空间分析方法并结合地理探测器,定量分析 2 个乡镇规模农地数量、时空演变特征及其驱动机制,进而挖掘现代规模农地发展转型的规律。研究结果对正经历农地集约化的其他山区具有借鉴意义,可为山区农地资源整治、规模农地发展以及转变农业发展模式等方面提供一定参考。

1 研究区概况

研究区地处三峡库区腹地(图 1),地形地貌复杂多样,属于中亚热带湿润季风气候,耕地利用类型以坡耕地为主,水土流失严重,属库区腹地内生态环境较为脆弱的地区。其中,草堂镇位于奉节县东部,幅员面积 170.66 km²,地势四周高、中间低,草堂溪贯穿其境,海拔 152 ~ 1806 m。康乐镇居于奉节县北部的腹心地带,总面积 141.93 km²,属大巴山南麓,地势西南高、东北低,梅溪河纵贯镇境,海拔 99 ~ 1539 m。草堂镇辖 14 个行政村,康乐镇辖 17 个行政村(包含 1 个居委会),共计 31 个村级行政单元,区域内社会经济发展水平差异显著。

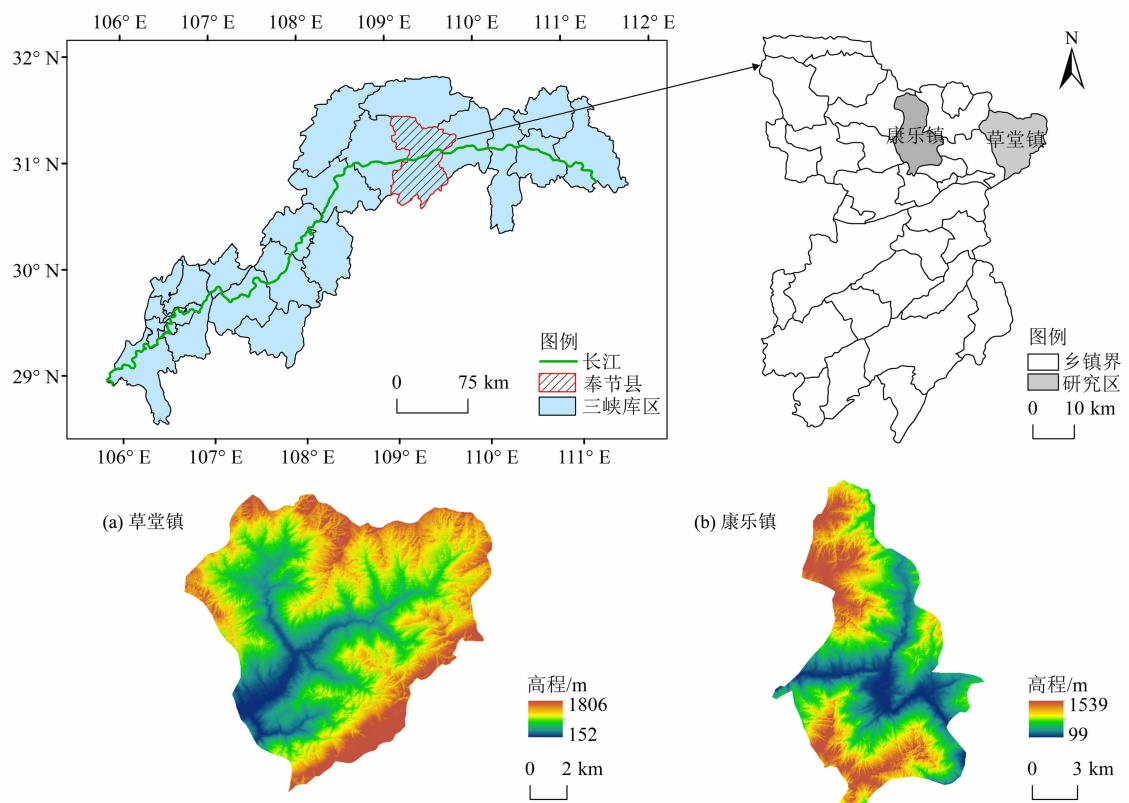


图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Location of the study area

2 数据来源与研究方法

2.1 规模农地的定义与识别

在我国种植业通常包括粮、菜、棉、麻、油、糖、烟、茶、果、药、杂等作物的生产,其中粮食和菜瓜果的播种面积和产量在整个种植业中占比在 80% ~ 90% 以上,已成为种植业的主体^[30]。农民在土地集约化经营背景条件下为满足其经济利益需求,整理分散、零碎的农地并变革种植方式使之集中连片并形成规模^[31],即传统农地向“规模农地”转变。由于我国人口基数巨大,人均耕地仅为 0.092 hm²,使得农业生产在很多地区只能是自给自足,加之山区自然条件的限制,在一定程度上制约了规模农地的发展。近年由于大量劳动力从农村向城市转移,使部分农地得以解放出来,为形成适度规模经营创造了条件,同时也产生了代耕现象。





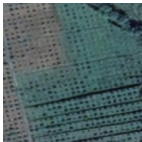

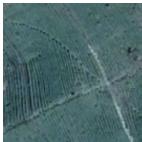

本文结合当前农地集约利用现状,将规模农地分为传统型和现代型,并将传统型规模农地定义为由单一农户为他人代耕或多农户联合经营而形成的具有适度规模且连绵成片,以种植小麦、水稻等粮食作物为主的耕地;现代型规模农地则参照国内外学

者对规模农地已有研究^[19,32],将其定义为以农户或企业作为种植主体,在市场经济和生态政策的驱动下,整合聚集传统耕地形成具有适度规模化非粮食作物多功能农业集合^[19](表 1)。

2.2 数据来源

本研究涉及 2008、2018 年奉节县 1:25 万乡镇行政区划、河流、道路等矢量数据以及人口、经济等统计数据。其中统计数据源自《奉节县统计年鉴 2008·乡镇篇》、《奉节县统计年鉴 2018·乡镇篇》;DEM 数字高程模型取自地理空间数据云(分辨率为 30 m);研究区 2008 年、2018 年土地利用数据源自 Google Earth 高清遥感影像数据(分辨率为 0.51 m),在 ArcGIS 10.2 平台下进行人机交互式解译,得到研究区规模农地矢量图斑。为便于对研究区规模农地进行综合分析,参照规模农地已有分类方法并结合研究区实际情况,将规模农地矢量图斑按照不同类型分为传统型耕地、现代型蔬菜、现代型果园、现代型茶园四大类(图 2),下文简称为耕地、蔬菜、果园和茶园。另外参照已有研究^[33-35]将规模农地斑块按面积大小划分为四类:<0.67 hm² 为微规模,0.67~2 hm² 为小规模,2~6.66 hm² 为中规模,>6.66 hm² 为大规模。通过野外实地调查和遥

表 1 各类型规模农地识别标准
Tab. 1 Identification standards of different farmland of scale

规模农地类型	识别标准	数据来源	解译标志	野外考察验证
传统型 (粮食作物)	耕地	CNES Airbus Quick bird (0.51m 分辨率)		
	蔬菜			
现代型 (非粮作物)	果园			
	茶园			

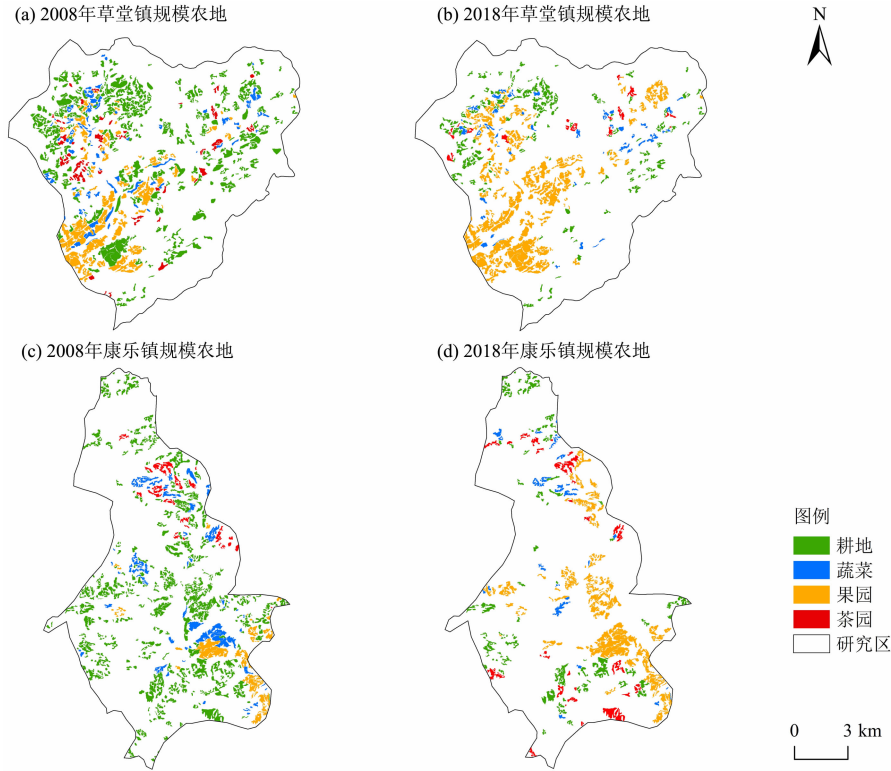


图 2 研究区不同类型规模农地空间分布

Fig.2 Spatial distribution of different farmland of scale in the study area

感影像进行比对,其解译总体精度达到 95.8% 左右。

2.3 研究方法

2.3.1 核密度估算

为体现不同类型规模农地在空间上分布热点区域,需要对研究区规模农地空间分布状态进行核密度估算(将搜索半径设置为 500 m,输出像元大小设置为 10)。核密度估计法(kernel density estimation)^[36-37]主要是以移动单元格为核心,对每个栅格单元的点或线密度进行统计。核密度值的高低可反映出各类型规模农地的密度特征,其计算公式为:

$$f_n = \frac{1}{nd} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \quad (1)$$

式中, d 为点 $(x - x_i)$ 到样本点之间的距离; k 为核密度函数; h 为带宽($h > 0$),带宽 h 的选择对 KDE 估算的结果影响较大,当 d 减小时,估计点密度变化突兀不平, h 增加时,估计点密度的变化较为光滑^[32],经过多次试验, h 最佳值为 500。

2.3.2 景观格局指数

景观格局是指在地理空间范围内,自然因子与人文因子所发挥的综合性影响作用的结果^[38],规模

农地斑块景观格局分析能揭示其具体布局特征。首先将不同类型规模农地矢量图斑转换为栅格数据,为减小误差,将 Fragstats 4.2 中栅格图像像元大小设定为 7 m。然后结合研究侧重点选取 6 个景观类型水平指数:CA(斑块面积)、NP(斑块个数)、PD(斑块密度)、AI(聚集度)、AWMPFD(面积加权平均斑块分维数)、MNN(平均最近指数)。各指标计算公式及生态学意义参见文献^[39]。最后计算出研究区 2008 年和 2018 年 4 种类型规模农地各景观指数值,并进一步分析斑块水平上规模农地特征。

2.3.3 基于 Ripley's K 函数的 L 函数

Ripley's K 函数可以计算最小邻近距离,因此可用来反映规模农地在时空上的集聚特征,其计算公式为^[40]:

$$K(h) = A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\delta(d_{ij})}{n^2} \quad (2)$$

式中, A 为研究面积; δ_{ij} 为研究区范围内空间对象 i 到空间对象 j 的距离, h 为空间尺度大小; $\delta(d_{ij})$ 为指数函数,如果 $d_{ij} \leq h$,则 $d_{ij}(\delta) = 1$;当 $d_{ij} > h$ 时, $d_{ij}(\delta) = 0$ 。

K 函数计算结果难以直观反映其分布特征,为

此 Besag 等^[41]对 $K(h)$ 进行开方变换得到 $L(h)$ 。计算公式如下：

$$L(h) = \sqrt{\frac{K(h)}{\pi}}$$

(3)

式中, $L(h)$ 为 $K(h)$ 的开方变换, 在完全空间随机分布 (complete spatial randomness, CSR) 的假设下, $L(h)$ 的期望为 0。当 $L(h) < 0$ 时, 规模农地在空间上离散分布; $L(h) = 0$ 时, 规模农地在空间上随机分布; 当 $L(h) > 0$ 时, 规模农地在空间上集聚分布。

2.3.4 地理探测器模型

地理事物空间分布的差异性是各种自然以及社会经济因素综合作用的结果, 挖掘其影响机制对于掌握地理现象空间分布特征意义重大^[42]。镇域规模农地发展演变受到多种因素的综合影响。为厘清规模农地演变驱动因素, 参考相关研究^[11, 43-44], 结合山区独特的地理环境, 选取了 7 项能反映研究区地方化特征的自然和社会经济因素等方面的备选因子(表 2)。研究拟将这些备选因子用于探测规模农

地演变的主导以及交互驱动因子。

表 2 规模农地演变驱动因子选取

Tab. 2 The evolution driving factors of farmland of scale

候选因子	代码	类型	数据源
山塘密度	X1	社会经济因素	遥感解译, 分辨率 0.51 m
高程	X2	自然因素	从 DEM 提取, 30 m 分辨率
坡度	X3	自然因素	从 DEM 提取, 30 m 分辨率
聚落密度	X4	社会经济因素	遥感解译, 分辨率 0.51 m
农业人口密度	X5	社会经济因素	2018 年奉节县统计年鉴
距道路距离	X6	社会经济因素	遥感解译, 分辨率 0.51 m
距河流距离	X7	自然因素	遥感解译, 分辨率 0.51 m

地理探测器要求自变量 X 为类型量^[45], 因此首先需要将自变量 X1 ~ X7 进行离散化处理, 分别将山塘密度、高程、坡度、聚落密度、农业人口密度、距道路距离、距河流距离重分类, 运用 ArcGIS 平台进行数据处理得到规模农地面积变化量分级与各因子自然聚类分级匹配结果(图 3)。

因变量 Y 为数值变量, 代表规模农地变化的面

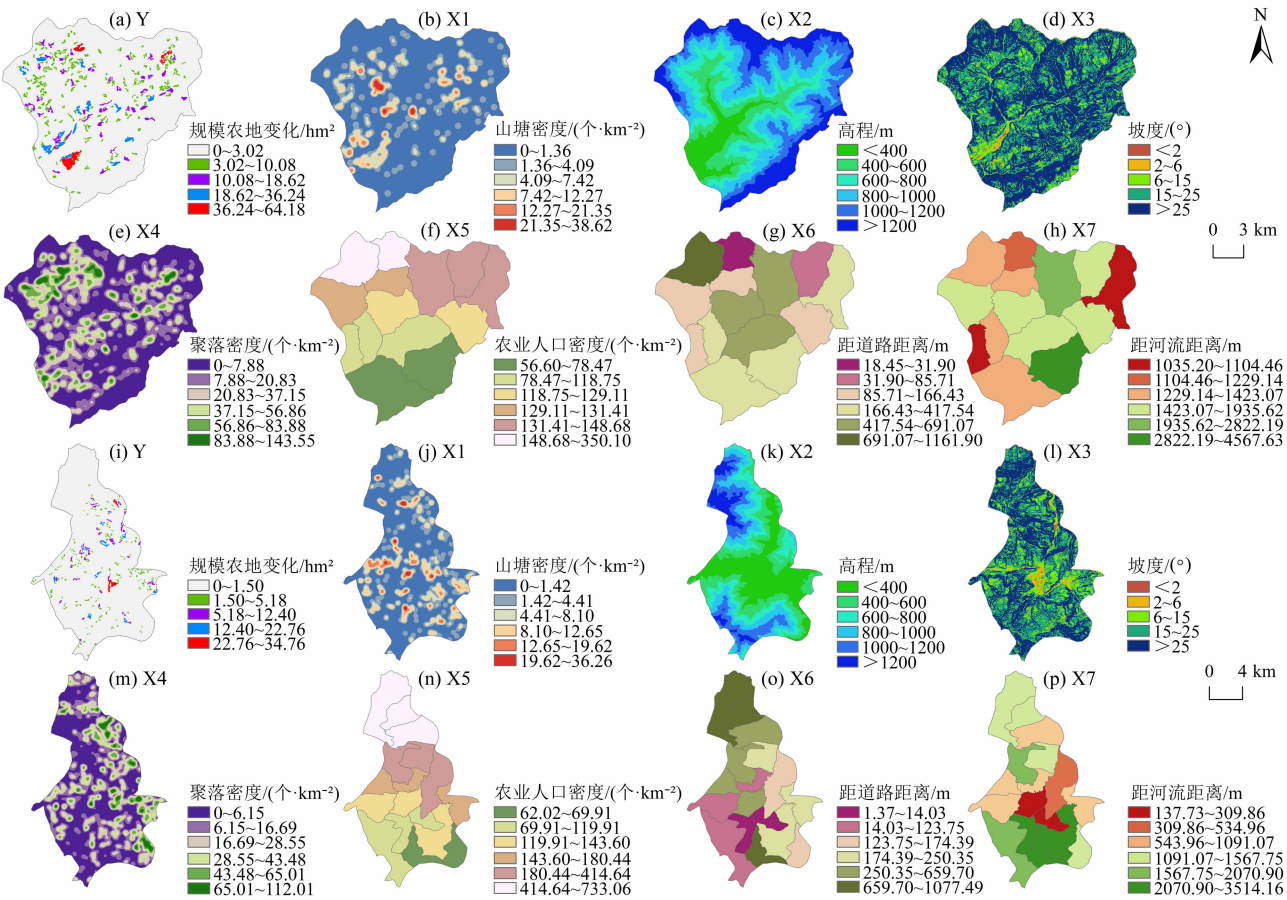


图 3 研究区规模农地演变与各影响因子空间匹配分布

Fig. 3 Spatial matching distribution between the evolution of farmland of scale and influencing factors

积属性。然后运用研究区 $100 \times 100 \text{ m}$ 格点对 X、Y 数据进行重采样获取样本数据表,最后将采样结果读入地理探测器进行运算,其模型如下:

$$q = 1 - \frac{1}{N' \sigma_N^2} \sum_{w=1}^m n_{D,w} \sigma_{H_{D,w}}^2 \quad (4)$$

式中, q 为影响因子对规模农地变化量的影响力(%) ; N' 为区域总样本量, $N' = 31$; σ_N^2 为区域规模农地变化量的方差; $n_{D,w}$ 为次级区域 w 的样本量; m 为次级区域数量,即对各因子分类的数量, $0 \leq w \leq m$ 。 $\sigma_{H_{D,w}}^2$ 为次一级区域 w 规模农地变化量的方差。 $0 \leq q \leq 1$,假设规模农地部分变化量的空间分布未受驱动因子影响,此时 $q = 0$;分区因子对规模农地变化量影响力随 q 值增大而增大,最大程度上刻画了规模农地变化量的空间分异特征。

3 结果分析

3.1 镇域规模农地数量演变特征

3.1.1 规模尺度

按照上述规模农地面积大小分类方法,共分为四大类:微规模 $< 0.67 \text{ hm}^2$,小规模 $0.67 \sim 2 \text{ hm}^2$,中规模 $2 \sim 6.66 \text{ hm}^2$,大规模 $> 6.66 \text{ hm}^2$ 。将研究区 2008 年、2018 年两期规模农地图斑矢量数据通过 ArcGIS 10.2 软件按属性选择功能筛选出各个规模尺度对应的类型尺度的数量并统计制表(表 3)。2008—2018 年,在草堂镇,微规模农地中耕地和蔬菜数量小幅度增加,其余类型无变化;小规模农地中除果园有所增加以外,耕地、蔬菜、茶园数量均有所下降;中规模农地中耕地和果园数量变化最为明显,

其中耕地数量由 204 个降至 92 个,果园数量增加了 59 个;大规模农地中耕地数量减少了 107 个,果园数量上升为 59 个,蔬菜、菜园小幅减少。在康乐镇,微规模农地中耕地数量下降 13 个,蔬菜、果园、茶园数量波动不大;小规模农地数量中耕地减少 102 个,蔬菜减少 9 个,果园增加了 29 个,茶园变化不大;中规模农地中耕地数量依然变化较大,由 230 个减至 51 个,而果园数量增长近 50 个,蔬菜增加了 18 个,茶园减少了 7 个;大规模农地中耕地数量减少了 90 个,蔬菜小幅增加,果园增添了 19 个,茶园数量保持不变。总的来说,研究区各规模类型农地数量变化较大,整体数量变化呈下降态势,但其内部存在着不同规模耕地数量大幅下降、果园数量不断扩大的现象,这也契合了山区规模农地由传统型向现代型转型的一般规律。

3.1.2 类型尺度

各类型规模农地面积变化及面积占比变化(表 4)。草堂镇 2008 年对比 2018 年,耕地面积变化显著,分布范围大大缩减(-1930.51 hm^2),面积占比从 57.15% 下降为 24.24% (面积占比变化为 -32.9%);蔬菜分布范围有所减小(-247.48 hm^2),但面积占比变化不大,2008 年为 9.83%,2018 年为 7.99% (面积占比变化为 -1.84%);果园在数量变化上最大,分布范围增加($+286.64 \text{ hm}^2$),面积占比变化显著从 26.03% 上升至 63.67% (面积占比变化为 $+37.64\%$);茶园也有所减小(-211.10 hm^2),面积占比从 6.99% 下降为 4.09% (面积占比变化为 -2.90%)。

表 3 研究区规模农地大小尺度数量变化格局

Tab.3 Quantity variation pattern of farmland of scale in the study area

乡镇名称	规模大小	2008 年规模农地数量/个					2018 年规模农地数量/个					总差值
		耕地	蔬菜	果园	茶园	总计	耕地	蔬菜	果园	茶园	总计	
草堂	微	2	0	0	0	2	4	4	0	0	8	6
	小	63	19	6	8	96	70	15	61	6	152	56
	中	204	52	56	36	348	92	36	115	9	252	-96
	大	119	17	57	14	207	12	3	59	6	80	-127
康乐	微	17	1	2	2	22	4	0	4	0	8	-14
	小	130	17	5	9	161	28	8	34	4	74	-87
	中	230	34	15	15	294	51	16	64	22	154	-140
	大	97	25	20	10	152	22	7	46	10	85	-67

表 4 2008—2018 年各类型规模农地面积变化及
面积占比变化

Tab. 4 Changes in the area and area ratio of farmland
of scale during 2008 to 2018

规模农地类型	草堂镇		康乐镇	
	面积变化/ hm ²	面积占比 变化/%	面积变化/ hm ²	面积占比 变化/%
耕地	-1930.51	-32.90	-1824.70	-39.40
蔬菜	-247.48	-1.84	-397.62	-7.76
果园	+286.64	+37.64	+458.61	+38.38
茶园	-211.10	-2.90	+56.10	+8.78

注：“+”为增加，“-”为减少。

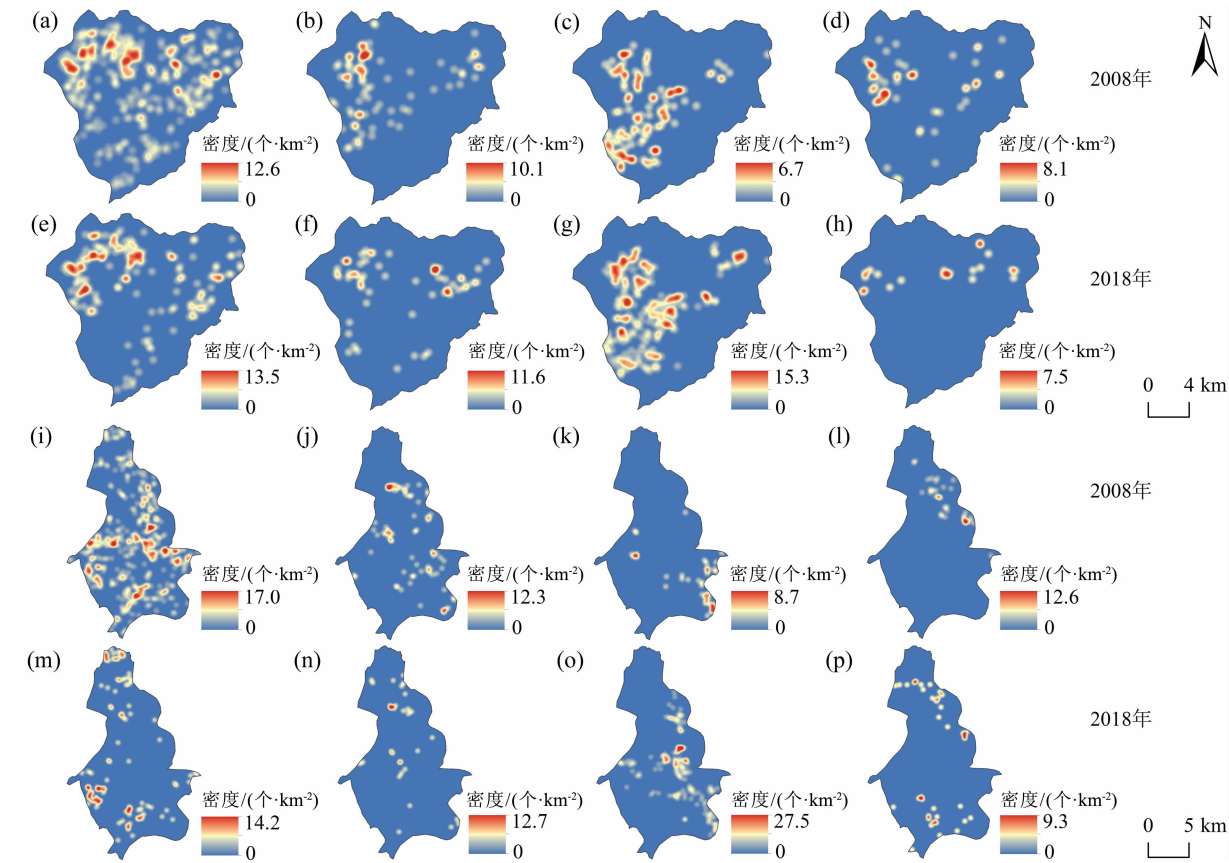
康乐镇 2008 年和 2018 年的耕地面积变化对比同样显著,分布范围缩减剧烈(-1824.7 hm²),面积占比从 66.21% 下降为 26.82% (面积占比变化为 -39.40%);蔬菜分布范围减少(-397.62 hm²),面积占比从 15.27% 降至 7.51% (面积占比变化

为 -7.76%);果园分布范围扩大(+458.61 hm²),面积占比从 12.74% 上升至 51.11% (面积占比变化为 +38.38%);茶园分布范围也有所扩大(+56.1 hm²),面积占比从 5.78% 增至 14.56% (面积占比变化为 +8.78%)。总体上,研究区蔬菜和茶园面积变化相对较小,耕地、果园面积变化幅度较大。耕地减少主要原因是“耕果转换”以及撂荒现象较普遍;果园数量的增加,除了自身经济效益好以外,还得益于政府相关政策补贴。

3.2 镇域规模农地时空演变特征

3.2.1 密度特征变化

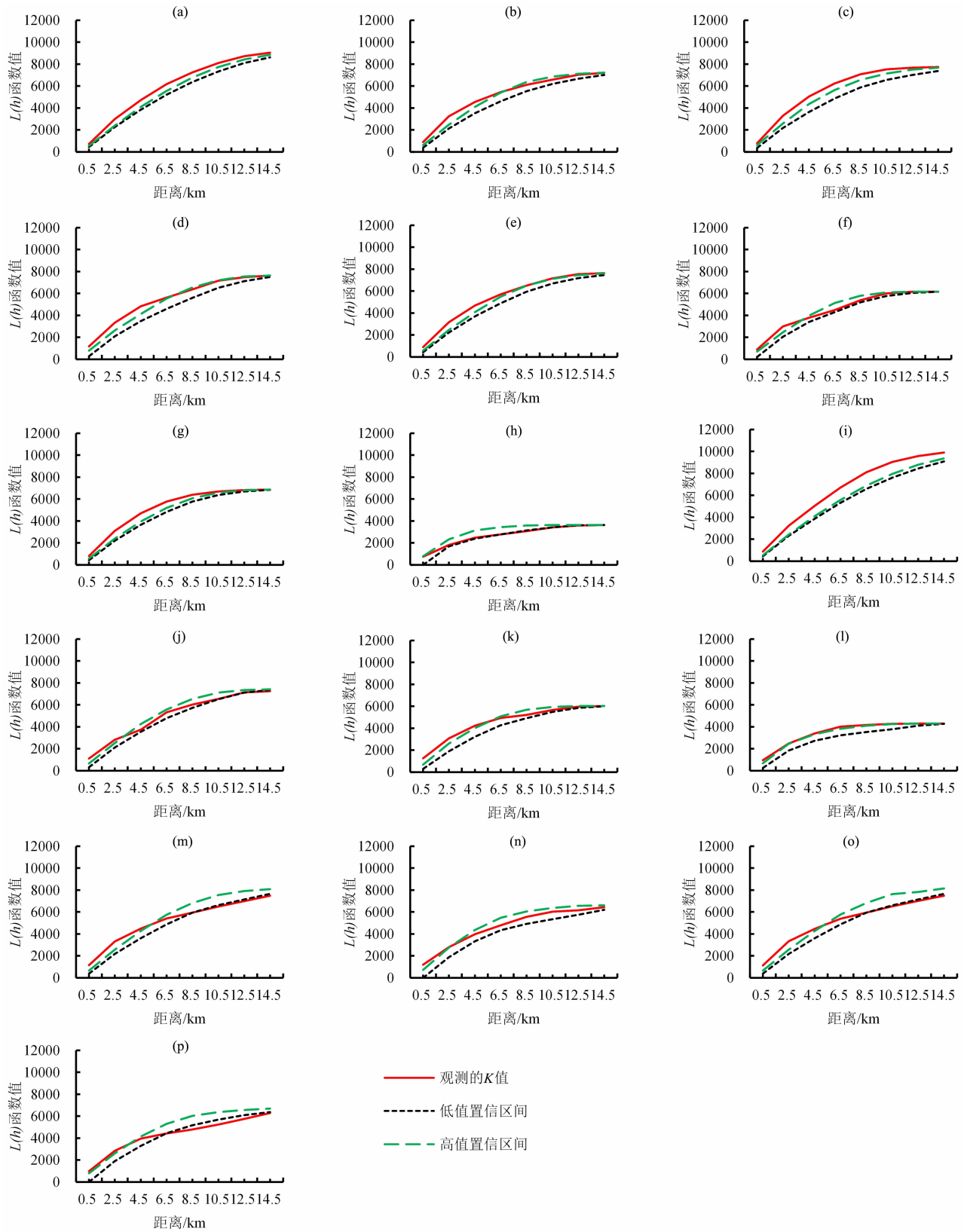
规模农地不同类型核密度估计值时空分布如图 4。2008 年草堂镇规模农地核密度最高值为耕地达到 12.6 个/km²,且高值区域主要位于草堂镇的西北部;蔬菜核密度最高值为 10.1 个/km²,集中分布区域同样位于草堂镇的西北部;果园核密度最高值为 6.7 个/km²,主要分布在草堂镇的西南部;茶园核密度最高值为 8.1 个/km²,集中分布



注:(a)~(h)依次代表草堂镇 2008 年、2018 年的耕地、蔬菜、果园、茶园,(i)~(p)依次代表康乐镇 2008 年、2018 年的耕地、蔬菜、果园、茶园。

图 4 各类型规模农地核密度估计值分布图

Fig. 4 Estimated values of kernel density in different farmland of scale



注:(a)~(h)依次代表草堂镇 2008 年、2018 年的耕地、蔬菜、果园、茶园,(i)~(p)依次代表康乐镇 2008 年、2018 年的耕地、蔬菜、果园、茶园。

图 5 2008 年和 2018 年各类型规模农地分布的 $L(h)$ 函数

Fig. 5 The $L(h)$ function of different farmland of scale distribution in 2008 and 2018

于草堂镇的西部。2008 年康乐镇耕地核密度最高值为 $17 \text{ 个}/\text{km}^2$, 主要分布于康乐镇中部和南部地区; 蔬菜核密度最高值为 $12.3 \text{ 个}/\text{km}^2$, 分布在康乐镇北部地区; 果园核密度最高值为 $8.7 \text{ 个}/\text{km}^2$, 集中分布于康乐镇东南部; 茶园核密度最高值为 $12.6 \text{ 个}/\text{km}^2$, 集中分布在康乐镇东北部。

2018 年草堂镇耕地核密度最高值上升为 $13.5 \text{ 个}/\text{km}^2$, 且最高值区域位于草堂镇的西北部; 蔬菜核密度最高值为 $11.6 \text{ 个}/\text{km}^2$, 分布较为分散; 果园核密度最高值为 $15.3 \text{ 个}/\text{km}^2$, 主要分布在草堂镇的西南部; 茶园核密度最高值为 $7.5 \text{ 个}/\text{km}^2$, 分布较为分散。2018 年康乐镇耕地核密度最高值为 $14.2 \text{ 个}/\text{km}^2$, 主要分布于康乐镇西南部; 蔬菜核密度最高值为 $12.7 \text{ 个}/\text{km}^2$, 分布较为分散; 果园核密度最高值为 $27.5 \text{ 个}/\text{km}^2$, 集中分布于康乐镇中部; 茶园核密度最高值为 $9.3 \text{ 个}/\text{km}^2$, 集中分布在康乐镇东北部和西南部。整体上, 草堂镇 2018 年较 2008 年耕地核密度有所上升, 康乐镇 2018 年较 2008 年耕地核密度有所下降, 但两地耕地规模农地核密度高值集聚范围跨度呈缩减趋势; 两地蔬菜和茶园核密度最高值变化不大, 分布范围变化较小; 草堂镇和康乐镇 2018 年较 2008 年果园核密度最高值变化巨大, 分别是 2008 年的 2 倍和 3 倍, 果园核密度高值区分布范围也有所扩大。

3.2.2 集聚特征变化

草堂镇辖区面积 170.66 km^2 , 康乐镇辖区面积 141.93 km^2 , 研究区总面积为 312.59 km^2 , 两乡镇平均面积为 156.29 km^2 。假设两乡镇的形状均为正方形, 其边长为 12.5 km , 为了减少误差空间尺度增加 2 km , 那么镇级尺度就为 14.5 km 。根据研究区两乡镇 2008 年和 2018 年各类型规模农地 $L(h)$ 函

数的计算结果, 得到规模农地 $L(h)$ 位于置信区间的上方、中间和下方的区域(图 5)。2008 年, 草堂镇耕地在 $0 \sim 14.5 \text{ km}$ 空间尺度内呈聚集分布, 蔬菜在 7 km 以后表现出随机分布状态, 果园在 14.5 km 内具有较强的集聚性, 茶园在超过 6.5 km 的空间尺度分布较为随机; 康乐镇耕地在最大空间尺度内也具有较强的集聚性, 蔬菜在 3 km 之后随机分布, 果园在 $4.5 \sim 8.5 \text{ km}$ 随机分布, 8.5 km 之后均匀分布, 茶园在 14.5 km 之内集聚分布。2018 年, 草堂镇耕地在超过 8 km 以后集聚性开始减弱, 蔬菜在 3 km 之后随机分布, 果园在超过 11 km 后分布较为随机, 茶园在整个空间尺度内随机分布; 康乐镇耕地在 5 km 内集聚分布, 在 $5 \sim 7 \text{ km}$ 呈随机分布, 大于 7 km 呈均匀分布, 蔬菜在 3 km 内集聚分布, 3 km 外则呈随机分布状态, 果园在 4.5 km 内集聚程度高, 在 $4.5 \sim 8.5 \text{ km}$ 呈随机分布, 在 8.5 km 之后开始呈均匀分布状态, 茶园在小于 4.5 km 范围内具有集聚分布态势, 在 $4.5 \sim 6.5 \text{ km}$ 分布较为随机, 在 6.5 km 之后分布均匀。总的来说, 草堂镇和康乐镇 2018 年相比 2008 年各类型规模农地集聚特征空间尺度均有所缩减。

3.3 镇域规模农地斑块演变特征

景观格局指数计算结果如表 5 和表 6 所示, 从 2008 年看, 草堂镇和康乐镇耕地 CA 指数最大分别为 2467.86 hm^2 和 2297.61 hm^2 , 果园、蔬菜次之, 分别为 1123.89 hm^2 (441.88 hm^2) 和 424.43 hm^2 (529.66 hm^2); 而茶园 CA 指数最小分别为 301.86 hm^2 和 200.28 hm^2 , 说明两地主要规模农地以耕地、蔬菜、果园为主; CA 指数与 NP 指数呈正相关, CA 指数随着 NP 指数的增大而增大, 耕地 NP 指数最大; 草堂镇 PD 指数蔬菜最大为 20.26 , 而康乐

表 5 草堂镇各类型规模农地景观格局指数

Tab. 5 Landscape pattern index of different farmland of scale in Caotang Town

斑块类型	2008 年				2018 年			
	耕地	蔬菜	果园	茶园	耕地	蔬菜	果园	茶园
斑块面积 (CA)/ hm^2	2467.86	424.43	1123.89	301.86	537.33	177.08	1410.41	90.73
斑块个数 (NP)/个	348.00	86.00	104.00	54.00	169.00	56.00	188.00	19.00
斑块密度 (PD)/ 100hm^2	14.10	20.26	9.25	17.89	31.45	31.62	13.33	20.94
聚集度 (AI)/%	95.40	94.92	96.27	95.22	93.09	93.38	95.11	93.97
面积加权平均斑块分维数 (AWMPFD)	1.13	1.11	1.13	1.12	1.13	1.12	1.16	1.15
平均最近距离 (MNN)/m	94.85	266.32	173.38	340.93	169.81	324.55	68.48	326.52

表 6 康乐镇各类型规模农地景观格局指数

Tab.6 Landscape pattern index of different farmland of scale in Kangle Town

斑块类型	2008 年				2018 年			
	耕地	蔬菜	果园	茶园	耕地	蔬菜	果园	茶园
斑块面积(CA)/hm ²	2297.61	529.66	441.88	200.28	472.67	132.25	900.55	256.44
斑块个数(NP)/个	418.00	67.00	37.00	32.00	94.00	30.00	104.00	33.00
斑块密度(PD)/100hm ²	18.19	12.65	8.37	15.98	19.89	22.69	11.55	12.87
聚集度(AI)/%	94.26	95.40	95.52	94.53	93.58	93.47	94.42	94.02
面积加权平均斑块分维数(AWMPFD)	1.15	1.16	1.19	1.16	1.17	1.16	1.21	1.18
平均最近距离(MNN)/m	78.02	261.36	316.75	253.03	209.13	471.25	77.62	452.99

镇 PD 指数最大为耕地 18.19; 两地果园 PD 指数次最小分别为 9.25 和 8.27; 两地 AI 值均以果园最大, 分别为 96.27 和 95.52, 草堂镇较康乐镇来说果园类规模农地更为聚集, 草堂镇蔬菜 AI 指数最小, 康乐镇则为茶园最小, 分别为 94.92 和 94.53; 两地四种类型规模农地 AWMPFD 值大都在 1.1 ~ 1.2, 斑块形状较规整; MNN 表示同类型斑块间相隔距离的远近, 草堂镇和康乐镇耕地 MNN 值最小, 说明呈聚集分布态势, 茶园和果园 MNN 值则相对较大, 故呈分散布局的特征。

2018 年相比 2008 年, 草堂镇和康乐镇最大 CA 指数由耕地变为果园, 分别增至 1410.41 hm² 和 900.55 hm², 康乐镇果园类规模农地变化显著增加近 450 hm², 而两地的耕地 CA 指数农地下降剧烈, 分别下降了 1930.53 hm² 和 1824.94 hm², 主要是由于果园经济效益大, 许多农民将耕地转化为果园, 加之农村经济水平发展低, 农民靠天吃饭收入不稳定, 不得不将耕地撂荒进城务工; 果园 NP 与 CA 指数呈上升趋势分别增加了 84 和 67, 耕地 NP 指数变化较大分别下降 179 和 324, 蔬菜和茶园变化不大; 研究区四种类型的规模农地较 2008 年来说, PD 值都有所增加, 以草堂镇耕地类规模农地增加最为显著, 达 17.35, 说明其面积有所缩减, 但其空间密度上升; 康乐镇与草堂镇四种类型规模农地的 AI 指数虽都有所下降, 但两地 AI 指数最大值依旧为果园类规模农地; AWMPFD 变化不大最小值均为蔬菜类规模农地, 分别为 1.12 和 1.16, 斑块形状较规整; 草堂镇和康乐镇 MNN 指数最小值由耕地演变为果园分别为 68.48 和 77.62, 果园种植面积的扩大使得同类型的斑块距离越来越小。

3.4 镇域规模农地演变格局驱动因素分析

3.4.1 镇域规模农地演变的主导因子分析

地理探测器单因子探测结果(各因子均通过显著性检验)如表 7 所示, q 值越大说明其解释力越强, 各因子对镇域规模农地演变的影响权重分别为:

在草堂镇, 依次为距河流距离($q = 0.28$), 距道路距离($q = 0.27$), 农业人口密度($q = 0.27$), 高程($q = 0.13$), 聚落密度($q = 0.10$), 山塘密度($q = 0.04$), 坡度($q = 0.03$)。该镇的规模农地演变格局主要贡献因子为: 距河流距离、距道路距离、农业人口密度和高程。距河流的距离($q = 0.28$)影响力最高, 草堂镇多数果园布局在河流两岸的坡地上, 这说明距离河流的远近是影响其规模农地演变最主要的因素之一; 距道路距离($q = 0.27$)、农业人口密度($q = 0.27$)影响力次之, 这是因为草堂镇规模农地主要以果园为主, 当地政府比较重视脐橙产业的发展, 果园一方面需要完善的交通基础设施, 另一方面, 脐橙种植与管理需要投入大量的人力物力; 高程($q = 0.13$)、聚落密度($q = 0.10$)对于草堂镇规模农地演变有一定的影响, 但不及上述因子明显; 山塘密度($q = 0.04$)、坡度($q = 0.03$)影响力相对较小, 因此不是影响规模农地演变的主导因子。

在康乐镇, 依次为距道路距离($q = 0.24$), 农业人口密度($q = 0.15$), 距河流距离($q = 0.11$), 聚落密度($q = 0.08$), 山塘密度($q = 0.04$), 高程($q = 0.01$), 坡度($q = 0.01$)。该镇规模农地演变格局主要驱动因子为: 距道路距离、农业人口密度、距河流距离以及聚落密度。其中距道路距离($q = 0.24$)贡献力最大, 康乐镇的规模农地发展比较注重就近原则以及交通的高通达性, 这有利于降

表 7 规模农地演变的单因子探测结果

Tab. 7 Single-factor detection results of farmland of scale evolution

研究区	q 值						
	山塘密度	高程	坡度	聚落密度	农业人口密度	距道路距离	距河流距离
草堂镇	0.04	0.13	0.03	0.10	0.27	0.27	0.28
康乐镇	0.04	0.01	0.01	0.08	0.15	0.24	0.11

表 8 规模农地演变的主导交互因子探测结果

Tab. 8 Dominant interaction factors detection results of farmland of scale evolution

研究区	主导因子	q 值	主导交互因子	q 值
草堂镇	高程	0.13	高程∩山塘密度	0.25
	农业人口密度	0.27	农业人口密度∩高程	0.44
	距道路距离	0.27	距道路距离∩高程	0.44
	距河流距离	0.28	距河流距离∩高程	0.45
	聚落密度	0.08	聚落密度∩山塘密度	0.11
康乐镇	农业人口密度	0.15	农业人口密度∩聚落密度	0.34
	距道路距离	0.24	距道路距离∩农业人口密度	0.40
	距河流距离	0.18	距河流距离∩距道路距离	0.36

注：“∩”表示相交关系。

低生产成本从而提高经济效益；与草堂镇相同，距河流距离也是影响其规模农地演变的主导因子之一，此外，聚落密度（ $q = 0.08$ ）与规模农地的联系较为密切，规模农地多分布在居民点周围，这便于耕种与管理；山塘密度（ $q = 0.04$ ）、高程（ $q = 0.01$ ）和坡度（ $q = 0.01$ ）的影响力小与规模农地演变格局没有显著关系。

3.4.2 镇域规模农地演变的主导交互因子分析

借助地理探测器交互作用探测模块，用于评估规模农地演变主导交互因子共同作用时对规模农地演变的解释力，当其值大于单个因子影响力时，说明解释力增大，反之减小。草堂镇表现为：高程∩山塘密度（ $q = 0.25$ ）> 高程（ $q = 0.13$ ），农业人口密度∩高程（ $q = 0.44$ ）> 农业人口密度（ $q = 0.27$ ），距道路距离∩高程（ $q = 0.44$ ）> 距道路距离（ $q = 0.27$ ），距河流距离∩高程（ $q = 0.45$ ）> 距河流距离（ $q = 0.28$ ）；康乐镇表现为：聚落密度∩山塘密度（ $q = 0.11$ ）> 聚落密度（ $q = 0.08$ ），农业人口密度∩聚落密度（ $q = 0.34$ ）> 农业人口密度（ $q = 0.15$ ），距道路距离∩农业人口密度（ $q = 0.40$ ）> 距道路距离（ $q = 0.24$ ），距河流距离∩距道路距离（ $q = 0.36$ ）

> 距河流距离（ $q = 0.11$ ）（表 8），结果表明两乡镇主导交互因子解释力均大于单一驱动因子的解释力，这说明规模农地演变格局不是某一单因子所决定的，而是多因子共同交互作用的结果。

4 讨论

我国农业在切实保障国家粮食综合生产能力的同时，应抓住经济转型和乡村振兴机遇，加快农业结构调整，大力发展规模化农场、特色专业村等^[46]，而适度规模经营是提高农业效益、增加农民收入的重要途径^[47]。在乡村农业劳动力结构变动的现实背景下，耕地利用效率的提升越来越依赖于耕地利用的适度规模化^[48]。当然，耕地利用与管理中应注重因地制宜并制定差异化的提升策略^[49]。

本文从微观尺度（镇域尺度）对比分析了不同乡镇规模农地数量以及时空演变特征及其驱动机制。研究发现不同乡镇在规模农地发展演变中，共同性体现在现阶段规模农地主要利用类型（果园为主）、数量变化特征（传统型规模农地数量大幅下降，现代型规模农地面积总体呈增加趋势）以及规

模农地转型途径(传统型向现代型规模农地转化)等方面,差异性则体现在规模农地时空演变特征(密度特征差异明显)、斑块特征以及影响因素等方面。本研究相比其他大尺度研究而言,能更加准确细致地反映山区规模农地在随着时间推移所呈现出的特征与规律(图6)。农户视角下规模农地的发展转型往往更为关注扩大农地规模、提高耕地质量以实现农地产出经济效益的最大化;政府视角下规模农地的发展转型则倾向于经济、生态双重效益之间的平衡。传统型规模农地转型受制于区域发展潜力和社会经济发展条件,亟需加快突破传统小农生产模式。现代型规模农地是耕地功能转型中山区乡村人地关系良性演化的重要突破,表明了山区耕地功能转型的方向持续侧重经济与生态功能的双赢,其为实现山区农业现代化和可持续发展及生态安全提供了保障。

研究区规模农地变化多表现为传统型向现代型的演变,这种看似简单的变化却映射出山区规模农地发展演变的规律,不再是一味追求单一经济效益,而是彰显出规模农地作为农地集约化利用和坡耕地改造的产物,表明以库区为代表的山区农业正存在由传统的粮作系统向果林生态系统转型的过程^[50],能够反映中国西部山区耕地利用转型的一般性规律^[11]。需要指出的是,本研究存在一些不足之处,如时间序列跨度不大、研究尺度较小以及影响因素指标选取尚可进一步优化等,但在一定程度仍然能够反映山区规模农地转型规律以及规模农地发展演

变特征。

5 结论

本文通过两期(2008年、2018年)高清影像数据增加时间序列解译乡镇尺度规模农地,运用ArcGIS等分析工具,基于镇域尺度,采用核密度估算、景观格局指数、地理探测器模型和基于Ripley's K 函数的 L 函数等方法,分析了两乡镇规模农地演变特征及其驱动机制。研究的主要结论如下:

(1)随着山区规模农地的发展,研究区2008—2018年规模农地数量演变特征明显,就不同规模而言,除现代型果园数量增加外,整体数量呈现下降态势;在面积变化方面,传统型耕地面积大幅度缩减,现代型果园面积扩大,蔬菜、茶园面积变化较小。这种变化符合山区规模农地传统型向现代型转型的一般规律。

(2)2008—2018年,研究区传统型耕地分布热点范围缩减,核密度最高值有所降低,现代型蔬菜、茶园密度变化不大,现代型果园核密度最高值是2008年的2~3倍,高值区分布范围扩大;各类型规模农地在镇级尺度分布呈聚集、均匀和随机3种模式,集聚特征空间尺度均有所缩减。

(3)斑块特征方面,斑块面积(CA)、斑块个数(NP)、平均最近距离(MNN)三项指标变化最大,斑块面积(CA)与斑块个数(NP)呈正相关,最小平均最近距离(MNN)由传统型耕地变为现代型果园,所

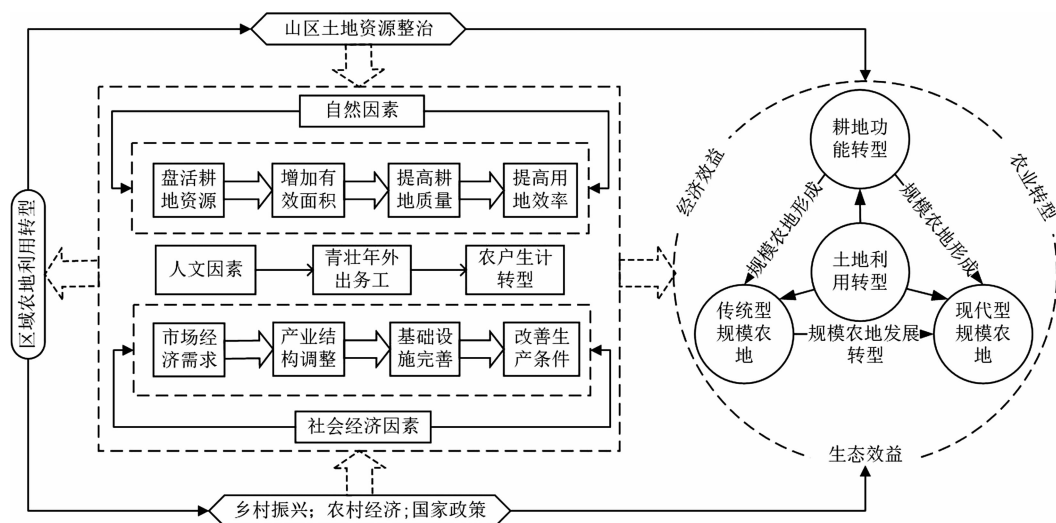


图6 规模农地的形成发展与转型

Fig. 6 Formation, development and transformation on farmland of scale

有类型规模农地中,现代型蔬菜斑块最为规整,说明其受人类活动干扰最大。

(4)规模农地演变的主导因子在草堂镇为距河流距离、距道路距离、农业人口密度和高程;在康乐镇为距道路距离、农业人口密度、距河流距离以及聚落密度。距河流距离 \cap 高程、距道路距离 \cap 农业人口密度等主导交互因子共同驱动两地规模农地演变格局的形成。

参考文献 (References)

- [1] 董雪娇,汤惠君. 国内外农地规模经营述评[J]. 中国农业资源与区划,2015,36(3): 62-71. [DONG Xuejiao, TANG Huijun. A review on the scale operation of farmland worldwide [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2015, 36(3): 62-71] DOI:10.7621/cjarrp.1005-9121.20150310
- [2] 安海燕,洪名勇. 农地流转研究综述与展望[J]. 中国农业资源与区划,2014,35(3): 21-25. [ANHaiyan, HONG Mingyong. Review and future research directions on farmland transfer [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2014, 35(3): 21-25] DOI: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20140304
- [3] 宋小青,吴志峰,欧阳竹. 耕地转型的研究路径探讨[J]. 地理研究,2014,33(3): 403-413. [SONG Xiaoqing, WU Zhifeng, OUYANG Zhu. Route of cultivated land transition research [J]. Geographical Research, 2014, 33(3): 403-413] DOI:10.11821/dlyj201403001
- [4] 韩俊. 土地政策: 从小规模的均田制走向适度的规模经营[J]. 调研世界,1998(5): 8-9. [HAN Jun. Land policy: from small-scale land-based system to moderate scale operation [J]. Research World, 1998(5): 8-9] DOI: 10.13778/j.cnki.11-3705/e.1998.05.003
- [5] 李兵,吴平. 我国山区耕地开发利用研究进展[G]. 刘彦随,杨子生,赵乔贵. 中国山区土地资源开发利用与人地协调发展研究. 中国自然资源学会土地资源研究专业委员会、中国地理学会农业地理与乡村发展专业委员会,2010: 4. [LI Bing, WU Ping. Progress on utilization and development of mountainous cultivated land in China [G]. LIU Yansui, YANG Zisheng, ZHAO Qiaogui. Study on the development and utilization of land resources and the coordinated development of human and land in mountainous areas of China. China Natural Resources Institute Land Resources Research Specialized Committee, Agricultural Geography and Rural Development Specialized Committee, 2010: 4]
- [6] 朱会义,孙明慧. 土地利用集约化研究的回顾与未来工作重点[J]. 地理学报,2014,69(9): 1346-1357. [ZHU Huiyi, SUN Minghui. Main progress in the research on land use intensification [J]. ActaGeographicaSinica, 2014, 69(9): 1346-1357] DOI: 10.11821/dlxb201409008
- [7] DEININGER K. Land markets in developing and transition economies: impact of liberalization and implications for future reform [J]. American Journal of Agricultural Economics, 2003, 85(5): 1217-1222. DOI:10.1111/j.0092-5853.2003.00533.x
- [8] TAN Shuhao, HEERINK N, QU Futian. Land fragmentation and its driving forces in China [J]. Land Use Policy, 2006, 23(3): 272-285. DOI:10.1016/j.landusepol.2004.12.001
- [9] 张英,李秀彬,宋伟,等. 重庆市武隆县农地流转下农业劳动力对耕地撂荒的不同尺度影响[J]. 地理科学进展,2014,33(4): 552-560. [ZHANG Ying, LI Xiubin, SONG Wei, et al. Effect of agricultural laborer on cropland abandonment under land circulation at different levels in Wulong County, Chongqing City [J]. Progress in Geography, 2014, 33(4): 552-560] DOI: 10.11820/dlkxjz.2014.04.012
- [10] 邵景安,张仕超,李秀彬. 山区土地流转对缓解耕地撂荒的作用[J]. 地理学报,2015,70(4): 636-649. [SHAO Jing'an, ZHANG Shichao, LI Xiubin. The role of rural farmland transfer in preventing farmland abandonment in the mountainous areas [J]. ActaGeographicaSinica, 2015, 70(4): 636-649] DOI: 10.11821/dlxb201504011
- [11] 梁鑫源,李阳兵. 三峡库区规模农地时空变化特征及其驱动机制[J]. 地理学报,2019,73(9): 1630-1646. [LIANG Xinyuan, LI Yangbing. Spatio-temporal features of scaling farmland and its corresponding driving mechanism in Three Gorges Reservoir Area [J]. ActaGeographicaSinica, 2019, 73(9): 1630-1646] DOI: 10.11821/dlxb201809002
- [12] 杨磊,郑文聚. 加快良田建设促进农业转型——对宁夏高标准基本农田建设的认识与思考[J]. 中国土地,2013(9): 57-58. [YANG Lei, ZHANG Wenju. Accelerating the construction of fertile farmland and promoting the transformation of agriculture: awareness and reflection on the construction of high standard basic farmland in Ningxia Province [J]. China Land, 2013(9): 57-58]
- [13] 汤建尧,曾福生. 经营主体的农地适度规模经营绩效与启示——以湖南省为例[J]. 经济地理,2014,34(5): 134-138. [TANG Jianyao, ZENG Fusheng. The proper scale management of farmland: types, performance and revelation: a case study of Hunan Province [J]. Economic Geography, 2014, 34(5): 134-138] DOI:10.15957/j.cnki.jjdl.2014.05.023
- [14] 金生霞,陈英,杨倩倩,等. 河西走廊农地适度经营规模计量研究——基于578农户调查的研究[J]. 干旱区资源与环境,2012,26(11): 6-11. [JIN Shengxia, CHEN Ying, YANG Qianqian, et al. Appropriate scale of farmland in HeXi corridor: based on the survey of 578 rural households [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2012, 26(11): 6-11] DOI: 10.13448/j.cnki.jalre.2012.11.002
- [15] 宋登力,周洪,刘秀华,等. 农村劳动力转移背景下山区农地规模流转的障碍因素研究——以武陵山区为例[J]. 山地学报,2020,38(4): 581-595. [SONG Dengli, ZHOU Hong, LIU

- Xiuhua, et al. Analysis of the obstacles to farmland scale transfer in mountainous areas under the background of rural labor emigration: a case study of Wulingmountain area, China [J]. Mountain Research, 2020, **38**(4): 581 – 595] DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000536
- [16] 宋小青, 吴志峰, 欧阳竹. 1949 年以来中国耕地功能变化[J]. 地理学报, 2014, **69**(4): 435 – 447. [SONG Xiaoqing, WU Zhifeng, OUYANG Zhu. Changes of cultivated land function in China since 1949 [J]. Acta Geographica Sinica, 2014, **69**(4): 435 – 447] DOI: 10.11821/dlxb201404001
- [17] 杜国明, 马敬盼, 春香. 现代化农区耕地利用形态转型研究[J]. 中国农业资源与区划, 2018, **39**(3): 185 – 192. [DU Guoming, MA Jingpan, CHUN Xiang. Study on the transformation of cultivated land use in modern agricultural region [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2018, **39**(3): 185 – 192] DOI: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20180327
- [18] 戈大专, 龙花楼, 杨忍. 中国耕地利用转型格局及驱动因素研究——基于人均耕地面积视角[J]. 资源科学, 2018, **40**(2): 273 – 283. [GE Dazhuan, LONG Hualou, YANG Ren. The pattern and mechanism of farmland transition in China from the perspective of per capita farmland area [J]. Resources Science, 2018, **40**(2): 273 – 283] DOI: 10.18402/resci.2018.02.05
- [19] 梁鑫源, 李阳兵, 李睿康, 等. 三峡库区腹地规模农地空间分布规律[J]. 长江流域资源与环境, 2017, **26**(11): 1843 – 1856. [LIANG Xinyuan, LI Yangbing, LI Ruikang, et al. Spatial distribution law of scale farmland in the hinterland of the Three Gorges Reservoir Area [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017, **26**(11): 1843 – 1856] DOI: 10.11870/cjlyzyhj201711013
- [20] 辛良杰, 李秀彬, 朱会义, 等. 农户土地规模与生产率的关系及其解释的印证——以吉林省为例[J]. 地理研究, 2009, **28**(5): 1276 – 1284. [XIN Liangjie, LI Xiubin, ZHU Huiyi, et al. Validation of the inverse farm size-productivity relationship and its explanations: a case study of Jilin Province [J]. Geographical Research, 2009, **28**(5): 1276 – 1284]
- [21] 张兰, 冯淑怡, 陆华良, 等. 农地规模经营影响因素的实证研究——基于江苏省村庄调查数据[J]. 中国土地科学, 2015, **29**(11): 32 – 39. [ZHANG Lan, FENG Shuyi, LU Hualiang, et al. Empirical analysis on influencing factors of farmland scale management: based on the survey data of sample villages in Jiangsu Province [J]. China Land Sciences, 2015, **29**(11): 32 – 39] DOI: 10.11994/zgtdkx.2015.11.005
- [22] 杨庆媛, 信桂新, 石彦, 等. 重庆市农地经营的规模问题研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2009, **31**(4): 143 – 147. [YANG Qingyuan, XIN Guixin, SHI Yan, et al. Study on the scale of rural-land management in Chongqing [J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2009, **31**(4): 143 – 147] DOI: 10.13718/j.cnki.xdsk.2009.04.034
- [23] 陈秧分, 刘彦随, 翟荣新. 基于农户调查的东部沿海地区农地规模经营意愿及其影响因素分析[J]. 资源科学, 2009, **31**(7): 1102 – 1108. [CHEN Yangfen, LIU Yansui, ZHAI Rongxin. Households' willingness and its determinants on the scale operation of farmland in the coastal areas of East China based on household survey [J]. Resources Science, 2009, **31**(7): 1102 – 1108]
- [24] 花晓波, 阎建忠, 王琦, 等. 大渡河上游河谷与半山区耕地利用集约度及影响因素的对比分析[J]. 农业工程学报, 2013, **29**(20): 234 – 244. [HUA Xiaobo, YAN Jianzhong, WANG Qi, et al. Comparative analysis on influencing factors of cultivated land use intensity in valley and middle mountain area of upper Dadu River watershed [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, **29**(20): 234 – 244] DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.20.031
- [25] 许庆, 尹荣梁. 中国农地适度规模经营问题研究综述[J]. 中国土地科学, 2010, **24**(4): 75 – 80. [XU Qing, YIN Rongliang. Literature review on the issues of proper scale management of farmland in China [J]. China Land Science, 2010, **24**(4): 75 – 80] DOI: 10.13708/j.cnki.cn11-2640.2010.04.013
- [26] 万群, 王成, 杜相佐. 基于土地规模经营条件评价的村域生产空间格局厘定——以重庆市合川区大柱村为例[J]. 资源科学, 2016, **38**(3): 387 – 394. [WAN Qun, WANG Cheng, DU Xiangzuo. Redefinition of patterns of production space on village scale based on evaluation of the land scale operation conditions for Dazhu Village, Chongqing [J]. Resources Science, 2016, **38**(3): 387 – 394] DOI: 10.18402/resci.2016.03.02
- [27] MENG Q H, FU B J, YANG L Z. Effects of land use on soil erosion and nutrient loss in the Three Gorges Reservoir Area, China [J]. Soil Use and Management, 2001, **17**(4): 288 – 291. DOI: 10.1079/SUM200170
- [28] 骆永菊. 三峡腹地贫困山区经济支撑框架构建及产业发展路径选择[J]. 农村经济, 2004(4): 31 – 33. [LUO Yongju. The construction of economic support framework and the choice of industrial development path in poor mountain areas of the Three Gorges Area [J]. Rural Economy, 2004(4): 31 – 33] DOI: 1003-7470(2004)-04-0031(03)
- [29] 梁鑫源, 李阳兵. 三峡库区“耕—果”转换时空变化特征及其启示——以草堂溪流域为例[J]. 自然资源学报, 2019, **34**(2): 385 – 399. [LIANG Xinyuan, LI Yangbing. Spatio-temporal variation of farmland-fruit forest conversion and its enlightenment in Three Gorges Reservoir area: a case study on Caotangxi watershed [J]. Journal of Natural Resources, 2019, **34**(2): 385 – 399] DOI: 10.31497/zrzyxb.20190214
- [30] 信桂新, 魏朝富, 杨朝现, 等. 1978 – 2011 年重庆市种植业变化及其政策启示[J]. 资源科学, 2015, **37**(9): 1834 – 1847. [XIN Guixin, WEI Chaofu, YANG Chaoxian, et al. Changes of crop farming and policy implications in Chongqing Municipality from 1978 to 2011 [J]. Resources Science, 2015, **37**(9): 1834 – 1847]

- [31] 邵砾群,陈海滨,夏显力,等. 美国农业转型的经验及其对中国的启示[J]. 农业经济,2012(11): 6-8. [SHAO Liqun, CHEN Haibin, XIA Xianli, et al. The experience of American agricultural transformation and its enlightenment to China [J]. Agricultural Economy,2012(11): 6-8]
- [32] AMJATH-BABU T S, KAECHHELE H. Agricultural system transitions in selected Indian states: What do the related indicators say about the underlying biodiversity changes and economic trade-offs? [J]. Ecological Indicators,2015(57): 171-181. DOI:10.1016/j.ecolind.2015.04.029
- [33] 杨培,王磊,张楠,等. 国内外家庭农场规模研究综述[J]. 中国农学通报,2016,32(14): 200-204. [YANG Pei, WANG Lei, ZHANG Nan, et al. Family farms' scale at home and abroad [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2016, 32(14): 200-204]
- [34] 钱克明,彭廷军. 我国农户粮食生产适度规模的经济学分析[J]. 农业经济问题,2014,35(3): 4-7. [QIAN Keming, PENG Tingjun. Economic analysis of the moderate scale of farmers in food production [J]. Issues in Agricultural Economy, 2014, 35(3): 4-7] DOI: 10.13246/j.cnki.iae.2014.03.001
- [35] 朱启臻,胡鹏辉,许汉泽. 论家庭农场: 优势、条件与规模[J]. 农业经济问题,2014,35(7): 11-17. [ZHU Qizhen, HU Penghui, XU Hanze. Discussion about family farm: advantage, requirement and scale [J]. Issues in Agricultural Economy, 2014, 35(7): 11-17] DOI: 10.13246/j.cnki.iae.2014.07.002
- [36] 王远飞,何洪林. 空间数据分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 66-71. [WANG Yuanfei, HE Honglin. Spatial data analysis method [M]. Beijing: Science Press, 2007: 66-71]
- [37] SHI Xun. Selection of bandwidth type and adjustment side in kernel density estimation over inhomogeneous backgrounds [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2010, 24(5): 643-660. DOI: 10.1080/13658810902950625
- [38] 池源,石洪华,王恩康,等. 庙岛群岛北五岛景观格局特征及其生态效应[J]. 生态学报,2017,37(4): 1270-1285. [CHI Yuan, SHI Honghua, WANG Enkang, et al. Landscape pattern characteristics and ecological effects on five northern islands of Miaodao Archipelago [J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(4): 1270-1285] DOI: 10.5846/stxb201604130672
- [39] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 95-110. [WU Jianguo. Landscape ecology: pattern, process, scale and hierarchy [M]. Beijing: Higher Education Press, 2007: 95-110]
- [40] 高凯,周志翔,杨玉萍,等. 基于Ripley K函数的武汉市景观格局特征及其变化[J]. 应用生态学报, 2010, 21(10): 2621-2626. [GAO Kai, ZHOU Zhixiang, YANG Yuping, et al. Characteristics and changes of landscape pattern in Wuhan city based on Ripley's K function [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(10): 2621-2626] DOI:10.13287/j.1001-9332.2010.0355
- [41] BESAG JE. Comments on Ripley's paper. Journal of Royal Statistical Society: Series B, 1977(39): 193-195.
- [42] 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 Jinfeng, XU Chengdong. Geodetector: principle and prospective [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116-134] DOI:10.11821/dlxb201701010
- [43] 魏凤娟,李江风,刘艳中. 湖北县域土地整治新增耕地的时空特征及其影响因素分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(14): 267-276. [WEI Fengjuan, LI Jiangfeng, LIU Yanzhong. Spatial-temporal characteristics and impact factors of newly increased farmland by land consolidation in Hubei province at county level [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(14): 267-276] DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2014.14.034
- [44] 王正雄,蒋勇军,张远喆,等. 基于GIS与地理探测器的岩溶槽谷石漠化空间分布及驱动因素分析[J]. 地理学报, 2019, 74(5): 1025-1039. [WANG Zhengxiong, JIANG Yongjun, ZHANG Yuanzhu, et al. Spatial distribution and driving factors of karst rocky desertification based on GIS and geodetectors [J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(5): 1025-1039] DOI: 10.11821/dlxb201905014
- [45] CAO Feng, GE Yong, WANG Jinfeng. Optimal discretization for geographical detectors-based risk assessment [J]. GIScience & Remote Sensing, 2013, 50(1): 78-92. DOI: 10.1080/15481603.2013.778562
- [46] 李二玲,胥亚男,雍雅君,等. 农业结构调整与中国乡村转型发展: 以河南省巩义市和鄢陵县为例[J]. 地理科学进展, 2018, 37(5): 698-709. [LI Erling, XU Ya'nan, YONG Yajun, et al. Agricultural structure adjustment and rural transformation development in China: taking Gongyi City and Yanling County as examples [J]. Progress in Geography, 2018, 37(5): 698-709] DOI: 10.18306/dlkxjz.2018.05.013
- [47] 李海涛,傅琳琳,黄祖辉,等. 农业适度规模经营的多种形式与展望[J]. 浙江农业学报, 2021, 33(1): 161-169. [LI Haitao, FU Linlin, HUANG Zuhui, et al. Various forms of moderate-scale management of agriculture and development prospects [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2021, 33(1): 161-169] DOI:10.3969/j.issn.1004-1524.2021.01.19
- [48] 廖柳文,高晓路,龙花楼,等. 基于农户利用效率的平原和山区耕地利用形态比较[J]. 地理学报, 2021, 76(2): 471-486. [LIAO Liuwen, GAO Xiaolu, LONG Hualou, et al. A comparative study of farmland use morphology in plain and mountainous areas based on farmers' land use efficiency [J]. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(2): 471-486] DOI: 10.11821/dlxb202102016
- [49] 余富祥,胡月明,刘振杰,等. 基于力学平衡模型的耕地多功能演变及其协调性分析——以珠江三角洲为例[J]. 农业资源与环境学报, 2019, 36(6): 728-737. [YU Fuxiang, HU Yueming, LIU Zhenjie, et al. The coordination and evolution of

farmland multifunctionality based on a mechanical model: a case study of the Pearl River Delta [J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2019, **36**(6): 728 – 737] DOI: 10.13254/j. jare. 2018. 0302

[50] 梁鑫源, 李阳兵, 邵景安, 等. 三峡库区山区传统农业生态系统

转型[J]. *地理学报*, 2019, **74**(8): 1605 – 1621. [LIANG Xinyuan LI Yangbing, SHAO Jing'an, et al. Traditional agroecosystem transition in mountainous area of Three Gorges Reservoir Area [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, **74**(8): 1605 – 1621] DOI:10.11821/dlxb201908009

Evolution Pattern and Driving Mechanism in Farmland of Scale on Town Level: A Case Study of Fengjie County in Chongqing, China

CHEN Shuang¹, LI Yangbing^{1,2*}, LI Mingzhen¹

(1. School of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China; 2. Key Laboratory of Earth Surface Processes and Environmental Remote Sensing in Three Gorges Reservoir Area, Chongqing 401331, China)

Abstract: In the context of gradual land-use intensification and rural revitalization strategy, clarifying the spatiotemporal evolution of farmland of scale (FS) in mountainous areas and its driving mechanism is of great significance for integrating limited mountainous agricultural land resources and promoting moderately large-scale agricultural operations. Based on four FS types of typical mountain towns in Fengjie County, Chongqing Municipality in 2008 and 2018, this paper compared and analyzed FS in Caotang and Kangle Town using GIS spatial analysis technology and landscape pattern index comprehensively to reveal the town-scale FS evolution in mountainous areas. Meanwhile, the Geo-detector model was introduced to explore the driving factors of FS evolution further. The results showed that the number of traditional cultivated land has declined, the number of modern orchards has increased, and the number of modern vegetables and tea gardens has been relatively stable. The distribution hotspots of traditional cultivated land have shrunk, and the highest kernel density value of modern orchards was 2 ~ 3 times than that in 2008. Overall, the distribution of various FS types at the town level showed three patterns of aggregation, uniformity and randomness, and the spatial scale of agglomeration feature has reduced from 2008 to 2018. In patch characteristics, the three indicators of CA, NP and MNN had enormous changes, in which CA and NP were positively correlated; minimum MNN has changed from traditional cultivated land to modern orchard, and modern vegetable patch shapes were the most regular. Besides, the single leading factors (distance to river, distance to road and agricultural population density) and interactive factors (distance to river \cap elevation and distance to road \cap agricultural population density) were critical driving force for the FS evolution. Summarily, this research has reference significance for agricultural land consolidation, FS development and agricultural development mode transformation in study area and other mountainous areas.

Key words: town level; evolution characteristics; farmland of scale; Geodetector; Fengjie County