



基于空间自相关分析的市域耕地空间格局演变分析——以洛阳市为例

李志刚, 王梦雨, 牛继强, 王华

引用本文:

李志刚, 王梦雨, 牛继强, 王华. 基于空间自相关分析的市域耕地空间格局演变分析——以洛阳市为例[J]. 信阳师范学院学报自然科学版, 2021, 34(3): 415–421. doi: 10.3969/j.issn.1003–0972.2021.03.012

LI Zhigang, WANG Mengyu, NIU Jiqiang, WANG Hua. Analysis of the Spatial Pattern Evolution of Cultivated Land in Municipalities Based on Spatial Autocorrelation Analysis——Luoyang City as an Example[J]. Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition), 2021, 34(3): 415–421. doi: 10.3969/j.issn.1003–0972.2021.03.012

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2021.03.012>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

1995—2015年中国耕地时空演变特征研究

Spatio Temporal Variation of Cultivated Land Change During 1995–2015 in China

信阳师范学院学报自然科学版, 2021, 34(2): 242–247. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2021.02.012>

基于核密度估算的都江堰耕地破碎化趋势及特征分析

Analysis of Trends and Characteristics of Cultivated Land Fragmentation Based on Kernel Density Estimation for Duijiangyan City

信阳师范学院学报自然科学版, 2017, 30(1): 72–76. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2017.01.016>

洛阳市入境旅游客源市场亲景度研究

Analyses on the Inbound Tourist Market of Luoyang City Using the Preference Scale

信阳师范学院学报自然科学版, 2015(3): 350–354. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2015.03.010>

夜间灯光数据下河北省能源消费量的空间模拟

Spatial Simulation of Energy Consumption in Hebei Province Based on Nighttime Light Data

信阳师范学院学报自然科学版, 2017, 30(1): 92–96. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2017.01.020>

基于空间计量分析的广东省旅游业发展水平区域差异探究

Study on Region Difference of Tourism Development in Guangdong Province based on Spatial Statistical Analysis

信阳师范学院学报自然科学版, 2016(1): 71–74. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003–0972.2016.01.017>

DOI:10.3969/j.issn.1003-0972.2021.03.012

文章编号:1003-0972(2021)03-0415-07

基于空间自相关分析的市域耕地空间格局演变分析

——以洛阳市为例

李志刚¹,王梦雨¹,牛继强^{2*},王 华¹

(1. 郑州轻工业大学 计算机与通信工程学院,河南 郑州 450002;2. 信阳师范学院 地理科学学院,河南 信阳 464000)

摘 要:以洛阳市耕地为研究对象,在 GIS 的基础上借助景观格局指数分析、核密度估计和空间自相关对洛阳市 2009—2019 年的耕地空间格局特征及其变化趋势进行分析.结果表明:(1)洛阳市在 2009—2019 年耕地面积先减少后增加,耕地的破碎度一直增强,且耕地在洛阳市的整体景观中占优势地位.(2)研究期间东北部市辖区外围的大部分地区和西南方栾川县的部分地区核密度高,栾川县的周围地区较为稀疏.耕地核密度高值和极高值区域呈现出先扩张后收缩的特征,低值区域在 2014—2019 年有所扩张.(3)洛阳市的耕地保有量具有显著的空间自相关性,并且自相关性逐年递增.在局部空间自相关分析中,“高-高”类型区聚集分布在洛阳市正北部和东北部的边界地带,“低-低”类型区集中在栾川县和嵩县以及洛阳市辖区,受地形和城市化影响较重.研究期间的扩张发生在洛阳市辖区,大部分由“高-低”类型区转来.

关键词:空间格局;核密度;乡镇;耕地保有量;空间自相关

中图分类号:F301.2 **文献标识码:**A **开放科学(资源服务)标识码(OSID):** 

Analysis of the Spatial Pattern Evolution of Cultivated Land in
Municipalities Based on Spatial Autocorrelation Analysis

——Luoyang City as an Example

LI Zhigang¹, WANG Mengyu¹, NIU Jiqiang^{2*}, WANG Hua¹

(1. College of Computer and Communication Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;
2. College of Geographic Sciences, Xinyang Normal University, Xinyang 464000, China)

Abstract: Taking cultivated land in Luoyang city as the research object, the characteristics of cultivated land spatial pattern and its change trend are analyzed from 2009 to 2019 based on GIS with the help of landscape pattern index analysis, kernel density estimation and spatial autocorrelation. Results show that: (1) The city of luoyang in 2009—2019, the cultivated land area decreases first increases, the cultivated land fragmentation has been enhanced, and the cultivated land in the city of luoyang in the dominant position in the landscape of the whole. (2) During the study period most of the outer municipal district in the northeast region and southwest parts of luanchuan county nuclear density is high, the surrounding areas of luanchuan county is relatively sparse. The areas with high and extremely high values of cultivated land kernel density first expanded and then contracted, while the areas with low values expanded from 2014 to 2019. (3) There is a significant spatial autocorrelation of cultivated land in Luoyang, and the autocorrelation increases year by year. In the local spatial autocorrelation analysis, the “high-high” type area is concentrated in the north and northeast of Luoyang, and the “low-low” type area is concentrated in Luanchuan county and Song county as well as the area under the jurisdiction of Luoyang city, which is heavily affected by topography and urbanization. During the study period, the expansion occurred in the district of Luoyang, most of which was transferred from the “high-low” type district.

Key words: spatial pattern; kernel density; townships; cultivated land quantity; spatial autocorrelation

收稿日期:2020-12-24;**修订日期:**2021-03-26;*.通信联系人,E-mail: njq8196@163.com;Lizg.cn@hotmail.com

基金项目:国家自然科学基金项目(41771438);河南省科技攻关项目(212102210105);数字制图与国土信息应用工程国家测绘地理信息局重点实验室开放研究基金资助项目(ZRZYBWD201911)

作者简介:李志刚(1982—),男,河南新密人,讲师,博士,主要从事时空数据智能处理与分析研究;牛继强(1977—),男,山东郯城人,教授,博士,主要从事空间分析、空间数据挖掘等研究.

0 引言

粮食安全事关国家稳定,充足的粮食是满足人类基本生存需求所不可或缺的,而耕地总是从源头上影响着粮食.随着中国新型城镇化和工业化的迅速发展,优质耕地迅速减少^[1],尽管我国先后提出了 1.2 亿 hm^2 耕地红线、耕地占补平衡、基本农田保护等政策来保护耕地资源,但仍未遏止我国耕地资源持续减少、耕地质量日渐下降的态势^[2-3].耕地的动态变化对我国的粮食生产已构成持久的约束作用,日渐稀缺的耕地资源俨然成为制约我国粮食安全的瓶颈.与此同时,土地利用结构发生改变,耕地空间格局也受到了显著影响.耕地变化一直是学术界研究的热点问题,主要包括:数量变化^[4]、质量评价^[5-6]、空间格局演变^[7-8]等等,尤其是部分研究人员通过揭示区域耕地资源空间格局及其动态变化规律,探讨耕地空间演变内在机理,对促进耕地可持续利用及保障粮食安全具有重要意义.已有的耕地空间格局研究的研究区涉及全球^[9]、洲^[10]、国家^[11]、省、市^[12]及县区^[13]等层面,研究方法和时间跨度不尽相同.上述研究多采用传统的数学统计方法^[14]、地统计方法^[15]与空间分析等方法^[16]展开分析,取得了丰硕的成果,推动了耕地空间格局演变研究的进程.但多数的大区域研究集中在市县的研究尺度,而对于乡镇级别的小尺度的研究相对较少.空间自相关方法能够较好地反映空间变量的分布特征及对邻域的影响程度,并且在相同的研究范围内,随着研究基本地理单元尺度的变大,空间自相关性逐渐下降^[17].

本研究将选择乡镇级别的研究尺度,以洛阳市 2009、2014、2019 年三期耕地利用的时空数据为研究对象,通过景观格局指数分析与核密度估计法,并借助空间自相关分析对洛阳市的耕地空间格局的演变特征进行分析.最后以 Geoda 为平台,针对各乡镇的耕地保有量进行局部空间自相关分析,得出各乡镇耕地保有量的空间聚集情况,以期找出影响其演变的关键因素提供依据,进而为恢复耕地面积、合理配置土地资源指明方向.

1 数据与方法

1.1 研究区概况

本研究选定华中地区河南省的洛阳市为研究区域,洛阳位于豫西,地理范围为东经 $112^{\circ}16' - 112^{\circ}37'$,北纬 $34^{\circ}32' - 34^{\circ}45'$,全市总面积达

15 230 km^2 .洛阳市水资源、矿产资源、旅游资源等十分丰富.地形构成多样化,但以山地、丘陵和平原为主,全市山地占 45.51%、丘陵 40.73%、平原占 13.8%.山地主要分布在西南部的栾川县、嵩县和洛宁县,平原主要分布在研究区东北部的洛阳市区、偃师市和孟津县,丘陵处在中间的过渡地带.

1.2 数据来源与处理

研究所用的主体数据来自 3 次土地调查变更数据库,年份分别为 2009、2014、2019 年.由于数据库中的原始数据是以每个独立的行政区为单位存放的,为了方便后续的核密度计算和空间自相关分析,需先在 ArcGIS 中导入同一年洛阳市全市的地类图斑数据,合并要素类,并筛选出耕地的地类图斑,各年份数据进行相同的操作可以得到耕地图斑三期的基础数据(见图 1).

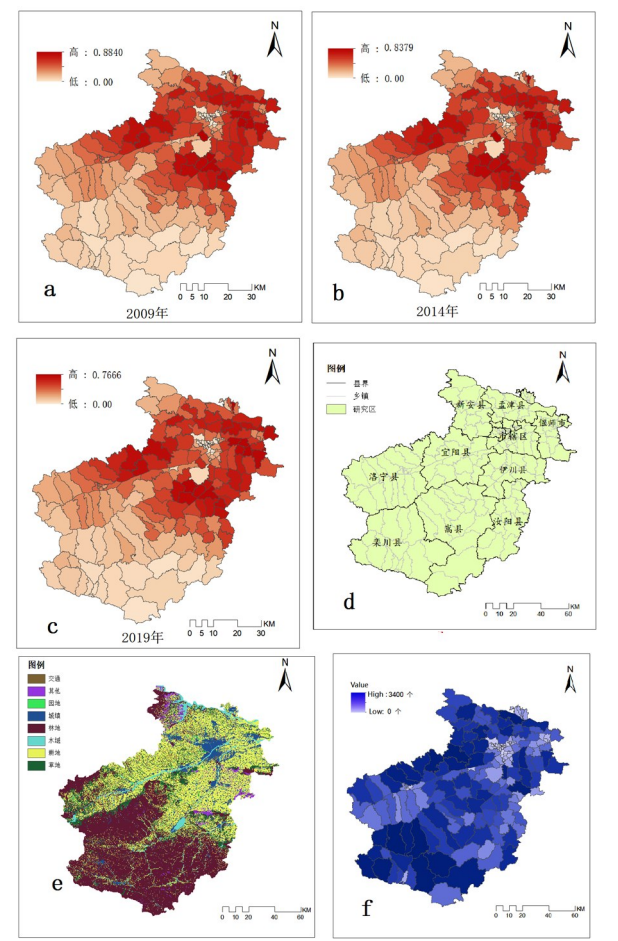


图 1 部分时空数据图

a、b、c 分别是 2009、2014、2019 年各乡镇的耕地保有量均一化图; d 是洛阳市县级和乡镇的行政区划图; e 是 2019 年洛阳市土地利用现状图; 图 f 为 2019 年洛阳市各乡镇耕地数量分布图

Fig. 1 Partial temporal and spatial data maps

a、b、c. Distribution of cultivated land quantity in each township of Luoyang in 2009, 2014 and 2019, respectively. d. Administrative divisions at the county and township levels, respectively. e. Land use status data of each township in 2019. f. The distribution of cultivated land in villages and towns in Luoyang city in 2019

然后根据每一个图斑的空间坐落位置,统计并计算出全洛阳市各个乡镇的耕地保有量,如图 1a、1b、1c。从洛阳市基础地理信息中心获取行政区划数据通过叠加得到图 1d。为了综合分析和评价土地资源的利用现状,将原有的 34 种土地利用类型归纳为 8 类,统计得出 2019 年各乡镇的土地利用现状图如图 1e;为了直观地观察洛阳市耕地的分布情况,将 2019 年各乡镇统计的耕地数目连接到对应各个县区,得出耕地数量分布图,如图 1f。

1.3 研究方法

1.3.1 景观格局指数分析法

由于研究区地形由山地、丘陵和平原组成,并且前两者占比较大,综合考量后将本研究的粒度选定为 20 m。从景观类型水平选择了景观面积(TA)、斑块数量(NP)、平均斑块形状指数(MSI)、聚集度指数(AI),从类型水平选择斑块所占景观面积比例(PLAND),并选用斑块数量除以景观面积(NP/TA)作为度量耕地破碎化程度的标准。所选取的各景观格局指数详细信息见表 1。以获取到的 2009—2019 年的景观类型栅格数据为基础,建立指标后,在 Fragstats v4.2.1 软件里进行计算,分析不同年份耕地的景观格局指数变化特征。

表 1 所选景观格局指数的详细信息

Tab. 1 Details of the selected landscape pattern index

指数	尺度	取值	单位	表征含义
TA	景观水平	>0	hm ²	某一景观的总面积,是研究其他指标的基础。
NP	景观水平	≥1	个	景观中所有斑块的总数,间接表现景观的破碎化程度。
MSI	景观水平	>1	无	表现斑块的外观和边缘特征,度量景观形状相对于相同尺寸的标准形状的复杂程度。
AI	景观水平	[0,100]	%	显示斑块的聚集程度。值越小,景观越离散,值越大,景观聚集程度越高。
PLAND	类型水平	(0,100]	%	某一斑块类型总面积占整个景观面积的百分比,体现斑块类型在景观中的占比和优势度。

1.3.2 核密度估算法

核密度估算法是一种十分有效的表面密度计算方法,利用核函数计算点要素或线要素在其特定邻域范围中的密度,计算公式(1)如下:

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

其中: $f_n(x)$ 表示待估测点 x 处的核密度估计值, h 是带宽, n 是以带宽为半径的圆内的样点个数, k 为核密度函数, $x-x_i$ 为待估测点到第 i 个样点之间的距离。为了更详细地反映洛阳市耕地的空间分布特征以及空间聚集情况,本研究采用了空间分析中的核密度分析法,以全洛阳市地块为单元,制作

出 2009、2014 和 2019 年的核密度图,并分析研究区内耕地密度高低值的空间分布特点、疏密特征以及动态演变中的偏移趋势。

1.3.3 空间自相关性分析

空间自相关性是反映一个区域单元上某种地理现象或某一属性值与邻近区域单元上同一现象或属性值的相关性大小的重要指标,是空间域中的值聚集程度的一种度量。一种常用的空间自相关性检验方法是使用莫兰指数(Moran's I)来量化这种聚集属性,有全局空间自相关和局部空间自相关之分。全局 Moran's I 的计算公式(2)为:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \tag{2}$$

其中: n 为研究区空间观测对象的数量; X_i 和 X_j 分别为空间位置上第 i 个和第 j 个观测对象的值; $\bar{X}$ 则是所有对象的平均观测值; ω_{ij} 为空间权重矩阵,表示空间位置上第 i 个和第 j 个观测对象的邻接关系。当对象 i 和 j 相邻时, $\omega_{ij}=1$;当对象 i 和 j 不相邻时, $\omega_{ij}=0$ 。Moran's I 指数的取值范围 $\in [-1,1]$ 。若 $I>0$ 则表示空间正相关,说明研究对象在空间上有聚集性;当 $I<0$ 时表示空间负相关,说明研究对象在空间上离散;若 $I=0$,则表示计算结果没有通过显著性检验,研究对象随机分布。

局部空间自相关(LISA, local indicators of spatial association)关注的是特定单元与相邻单元之间的空间关联性。局部 Moran's I 的计算公式如式(3),式中各变量的意义与式(2)相同。

$$I = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n \omega_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}. \tag{3}$$

本研究将以乡镇为单元,统计出洛阳市各乡镇的耕地保有量,并借助 Geoda 软件平台从全局和局部两方面分析耕地保有量的空间自相关性以及空间聚集特征。

2 结果与分析

2.1 景观格局指数分析

将基础的耕地图斑基础矢量数据栅格化,再将栅格数据导入 Fragstats 软件中,选择相应的景观级别指数(Landscape metrics)和类型级别指数(Class metrics)进行计算,结果如表 2 所示。

表 2 2009—2019 年洛阳市耕地景观级别与类型级别指数

Tab. 2 Cultivated land landscape metrics and class metrics of Luoyang in 2009, 2014 and 2019

年份	景观级别					类型级别	
	TA/hm ²	NP/个	MSI	AI/%	NP/TA	PLAND/%	
2009	434 069.87	41 322	1.709	90.979	0.095	29.765	
2014	432 076.61	43 136	1.694	90.854	0.010	29.632	
2019	435 430.68	45 257	1.680	90.695	0.104	29.870	

结合表 1 与表 2 可知,2009 年到 2019 年洛阳市耕地面积呈现出先减少后增加的现象,且总体上是增加的.与此同时,在景观总面积不变的前提下,类型级别下的斑块所占景观面积比例(PLAND)也呈现出同样变化(先降后升).其数值下降是与洛阳市前期“加快洛阳新区建设,加快城市化进程”的发展主线密不可分,随着基础设施建设用地、城镇工矿建设用地等逐渐增多,耕地受其他地类扩张的影响较大而减少.后期在一系列耕地保护的 policy 下,耕地面积有所恢复.从另一角度来看上述指数,研究期间耕地占比维持在 30% 左右,这表明洛阳市的耕地在整个景观具有优势,从而间接反映出粮食生产始终是不容忽视的.耕地破碎度(NP/TA)的数值一直处于增长状态,表现为一些原有的大的耕地斑块被分割成零散的小斑块,可说明耕地的空间破碎度不断增加,空间异质性增强.原因可追溯至 2009 年省委、省政府批准组建洛阳新区,将洛龙区所辖的近 30 个行政村的 0.333 万 hm² 土地及其附属物整体征迁,并且为了发展城市交通运输、工业建设等持续进行征迁工作,导致耕地斑块逐步零散化.耕地的平均斑块形状指数(MSI)值一直较大,说明耕地斑块的外观形状和边缘比较复杂.与此同时,其值又始终呈现下降的趋势,这表明耕地持续接受人类活动的改造,致使其向规则化的外观趋近.聚集度指数(AI)在保持高值的同时持续降低,表明耕地总体上呈现聚集状态,但在研究期间聚集度动态降低.由于斑块之间出现其他地类的穿插也会形成斑块分散,进而导致聚集度下降,故可推断出研究区内的耕地被改建/扩建土地、建设产业聚集区等占用,进而拆分成了小的斑块,这与斑块数量(NP)的变化是一致的.

2.2 核密度估算

数据预处理后得到各年份耕地的矢量数据(面要素),先将面要素转换为点要素,再接着使用核密度分析工具进行测算,计算完成后,运用按掩膜提取工具将核密度区域裁剪出来,初步得到洛阳市耕地分布核密度图.为方便观察,采用自然断点分级

法将密度值划分成 6 级,生成可以反映洛阳市耕地在 2009—2019 年空间演变情况的核密度图,如图 2 所示.

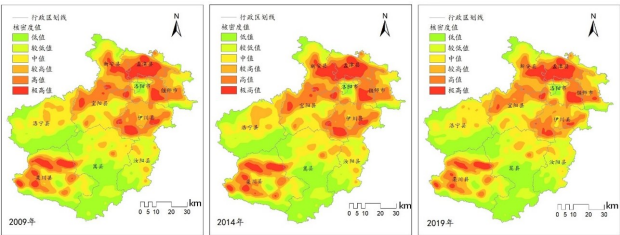


图 2 洛阳市耕地核密度值分布图

Fig. 2 Distribution diagram of cultivated land kernel density in Luoyang city

由图 2 可知,在研究期间,耕地核密度的空间分布特征呈现出东北大部分地区和西南部分地区密度值高,西北部和东南部密度值低.结合研究区地貌的多样性,可分析得出核密度值的疏密特征.耕地密度高值区主要分布在东北部地势低的平原地区,这些地方地势平坦、河流丰富、土壤肥沃,农业生产条件优越.同时西南部栾川县也有一些耕地高密度区,包括其西部的部分乡镇,以及其北部被熊耳山脉和伏牛山脉相拥的山谷地带.西部洛宁县和栾川县的交接地带横亘着熊耳山脉的东北段,山势高峻,山脉狭窄,不适宜农业种植,耕地地块极少,故核密度值较低;嵩县南部和紧邻的汝阳县西南部同样由于地势隆起、沟壑纵横成为耕地稀疏的地区.除此之外,洛阳市辖区的耕地密度一直是低值,这与此地长期的城市建设和工业经济发展密切相关.

通过对比三期的核密度分布图,可以得出洛阳市耕地演变的偏移趋势,并且结合洛阳市的地情数据库分析其原因.2009—2019 年,洛阳市东北部的耕地核密度高值和极高值区域呈现出先扩张后收缩的特征,特别是新安县的五头镇以及自麻屯镇至白鹤镇这一连片地区在 2009—2014 年明显扩张,可归功于加大农业结构的调整力度,扎实推进农业“7252”工程,耕地数量得以增长.洛宁县东北部、嵩县和汝阳县的北部交界处的核密度较高值区域也有所扩张,这些均与耕地占补平衡以及基本农田保护等土地管理项目的落实密切相关.但是到了 2019 年上述地区耕地核密度值又有所降低,另外,宜阳县西北部、伊川县的大部分地区和栾川县,它们的高值区域也在这 4 年间逐渐缩小,这与宜阳县和伊川县早期为推进县产业集聚区的建设、交通基础设施建设有关.与此相反的是,由于建设城乡一

体化示范区,导致偃师市中南部和洛龙区西部的耕地核密度高值区在 2014—2019 年间发展为极高值区. 耕地核密度低值以及中值区域主要分布在洛宁县、嵩县和汝阳县,低值区域在研究期间无明显变化,由于自身地理环境不宜耕种,故呈现出耕地稀疏的现象.

总体来看,洛阳市耕地核密度高值和低值区域在 2009—2019 年的空间分布较集中,明显受人类活动和地形条件的影响. 密度净增加的地区主要在嵩县东北部和偃师市,其他地区也有零星分布. 耕地演变显著的区域主要分布于新安县、宜阳县、伊川县、洛宁县和栾川县,且高值区域的演变相比于低值区域的演变更强烈,特别是大部分极高值区域呈现出明显的缩减.

2.3 空间自相关分析

2.3.1 全局空间自相关分析

本文以洛阳市 179 个乡镇的耕地保有量为单元,以 2009、2014、2019 年的耕地保有量作为研究对象,在 Arcgis 10.2 中使用字段计算器完成乡镇耕地面积与乡镇总面积的比值计算,接着在 Geoda 中创建 Rook 空间权重矩阵,计算各年份的全局莫兰指数并检验指数值的显著性,得到如表 3 所示的洛阳市耕地保有量的全局 Moran's *I* 值以及如图 3 所示的 Moran's *I* 散点图.

表 3 洛阳市耕地保有量全局 Moran's *I* 与检验
Tab. 3 Global Moran's *I* and Test of cultivated land quantity in Luoyang

年份	Moran's <i>I</i>	<i>z</i> -value	<i>p</i> -value	阈值($\alpha=0.01$)
2009	0.669 5	14.368 9	0.000 1	2.580
2014	0.675 6	14.450 9	0.000 1	2.580
2019	0.7007	15.080 4	0.000 1	2.580

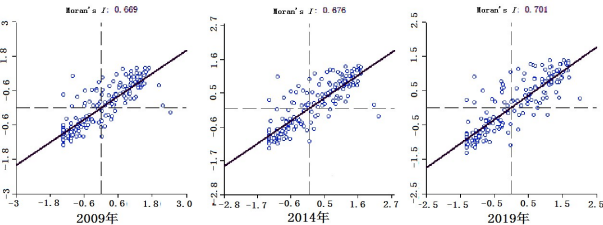


图 3 洛阳市耕地保有量的 Moran's *I* 散点图
Fig. 3 Moran's *I* Scatter diagram of cultivated land amount in Luoyang

结合表 2 和图 3,洛阳市在 2009、2014 和 2019 年的耕地保有量的莫兰指数分别为 0.669 5、0.675 6 和 0.700 7,均大于 0 且接近 1,表明这三年的耕地保有量均呈现出显著的空间自相关性. 与此同时,三期的 *z*-value 值全部都大于临界值(2.580),且通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验,表明在

研究期间洛阳市耕地保有量存在明显的空间正相关性,即耕地保有量高的乡镇其周围区域的耕地保有量也高,反之,耕地保有量低的乡镇其周围区域的耕地保有量也低. 从全局莫兰指数的变化趋势来看,空间自相关性呈现出逐年增大的趋势,说明洛阳市各乡镇耕地保有量集聚分布越来越强烈.

2.3.2 局部空间自相关分析

从全局自相关分析来看,洛阳市耕地在空间分布状态上呈集聚分布,且有进一步增强的趋势. 但是,全局空间自相关无法体现出各乡镇间受空间自相关的影响而产生的差异. 基于此,本研究借助局部自相关分析法来进一步分析,通过 LISA 集聚图展示各乡镇耕地保有量在空间上的集聚特征. 在 Geoda 中对 2009、2014 和 2019 年的数据进行计算得到三张 LISA 集聚图,每一个乡镇都被赋予了一种颜色,其中“不显著”代表其空间自相关性不明显;“高-高”类型表示高耕地保有量的乡镇周围邻近单元耕地保有量也高;“低-低”类型表示低耕地保有量的乡镇周围邻近单元耕地保有量也低;“低-高”低耕地保有量的乡镇周围邻近单元耕地保有量却是高值,呈负相关;“高-低”类型表示高耕地保有量的乡镇周围邻近单元耕地保有量却是低值; (“高-高”和“低-低”类型的乡镇在空间分布上存在较为明显的聚集特征;“低-高”和“高-低”类型的乡镇空间关系为负相关)各类型区具体分布情况如图 4 所示.

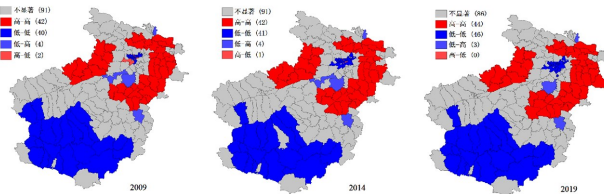


图 4 洛阳市各乡镇耕地保有量的 LISA 集聚图
Fig. 4 LISA agglomeration of Cultivated land quantity in each township

表 4 洛阳市耕地保有量(乡镇级)指数局部空间自相关类型
Tab. 4 Local spatial autocorrelation type of cultivated land quantity index at township level in Luoyang

自相关类型	2009 年		2014 年		2019 年	
	个数	比例/%	个数	比例/%	个数	比例/%
高-高(HH)型	42	23.46	42	23.46	44	24.58
高-低(HL)型	2	1.12	1	0.56	0	0
低-高(LH)型	4	2.23	4	2.23	3	1.68
低-低(LL)型	40	22.35	41	22.91	46	25.70
不显著型	91	50.84	91	50.84	86	48.04
总计	179	100.00	179	100.00	179	100.00

结合表 4 和图 4,分析洛阳市各乡镇不同类型区之间的空间关联性及其动态变化特征:

(a)“高-高”类型区,约占全市乡镇总数的 24%,2009—2019 年属于该类型的乡镇主要分布宜阳县北部、新安县西南部、孟津县南部、偃师市和伊川县的大部分地区,呈现出环绕洛阳市辖区分布。2009—2014 年,“高-高”类型动态平衡,类型转换发生在偃师市和伊川县,在 2014—2019 年,“高-高”类型的乡镇增加两个,分别是偃师市南部的府店镇和嵩县北部的田湖镇。总体来看,嵩县和伊川县的交界地带耕地在不断地增多,源于伊川县的“万亩千亩”基本农田示范区及耕地后备资源建设和嵩县坚持推进“三农”工作。与此同时,由于偃师市加快推进“一产三产化”、“三产多元化”,导致偃师市的耕地利用转化较频繁。

(b)“低-低”类型区,约占全市乡镇总数的 22%左右,后期有所增加(至 25.7%)。该类型的乡镇大多聚集在以栾川县和嵩县为主的洛阳市的西南部分,少部分在洛阳市辖区内。这是由于洛阳市西南地区山地多,地形复杂,乡镇的耕地保有量普遍较低。市中心现代化建设繁荣,出现了多处区域的耕地数量为 0 的现象,并且研究期间“低-低”类型区呈增加趋势。2009—2014 年,市辖区周边的徐家营街道办事处、安乐镇、东关街道办事处,从“不显著”类型或“高-低”类型转变为“低低”类型,这与市区向外扩张建设有着密切联系;在 2014—2019 年,市中心外围地区新增街道办事处,“低-低”类型持续增加,结合当地政策,可知在这一时期市辖区依旧以城市规划建设为主,耕地越来越多地被占用。

(c)“低-高”类型区,在 2009 年此类型的有 4 个,包括伊川县城关镇街道办事处、宜阳县锦屏镇、汝阳县城关镇和吉利区的康乐街道办事处。起初“低-高”类型数量维持平衡,在 2014—2019 年间,汝阳县为促进经济增长,加快撤县划区的步伐,坚持推进基础设施建设、产业集聚区建设等,导致宜阳县锦屏镇的类型转成“不显著”类型。

(d)“高-低”类型区,在 2009 年仅有 2 个,皆位

于市区与周边县城交接地带,分别是徐家营街道办事处和红山街道办事处,这两处的耕地保有量与市区相比有明显优势。但是随着城市的建设扩张,到了 2019 年已无此类型乡镇,它们已经转变为“低-低”类型,空间异质性降低。

3 结论与讨论

本研究基于 GIS,利用景观指数分析法、核密度估计以及空间自相关分析三种统计分析模型对洛阳市耕地空间分布特征进行分析,并对比 2009、2014 和 2019 年耕地空间格局变化,找出洛阳市耕地空间分布格局变化的趋势及特征。主要研究结论如下:

(1)从景观格局指数分析结果来看,景观类型水平上的耕地面积 TA、斑块数目 NP 以及聚集度在研究期间一直在增加,且聚集度 AI 维持在 90.8%左右;类型水平上的 PLAND 的降值以及破碎度 NP/TA 值的增长,都指向了同一结论——洛阳市的耕地在研究期间逐年破碎化,空间异质性增强,同时耕地斑块的外观在不断收到人类活动的改造影响而趋于规则化,反映出景观变化是随着土地规划和城市建设的变化而变化。

(2)从核密度计算值的空间分布来看,研究期间洛阳市耕地核密度的空间分布呈现出局部聚集的态势。东北部市辖区外围的大部分地区和西南方栾川县的部分地区核密度高,环绕栾川县的其余地区较为稀疏。耕地核密度高值和极高值区域呈现出先扩张后收缩的演变特征,低值区域在围绕着城关镇为中心有零星扩张。

(3)通过全局空间自相关性分析,验证了洛阳市耕地在空间上的分布具有显著的自相关性,且自相关性逐年递增。通过局部空间自相关分析进一步探究了各乡镇空间异质性,洛阳市各乡镇耕地保有量的“不显著”类型占主导地位(近 50%),同时“高-高”与“低-低”类型区共计占 45%左右,足以说明洛阳市耕地空间异质性较小。

参考文献:

- [1] 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.
LIU Yansui, QIAO Luyin. Innovating system and policy of arable land conservation under the new-type urbanization in China[J]. Economic Geography, 2014, 34(4): 1-6.
- [2] DENG X Z, HUANG J K, SCOTT R, et al. Impact of urbanization on cultivated land changes in China[J]. Land Use Policy, 2015, 45: 1-7.
- [3] LAI Z H, CHEN M Q, LIU T J. Changes in and prospects for cultivated land use since the reform and opening up in China[J]. Land Use Policy, 2020, 97: 104781.

[4] 王静怡,李晓明. 近 20 年中国耕地数量变化趋势及其驱动因子分析[J]. 中国农业资源与区划,2019,40(8):171-176.
WANG Jingyi, LI Xiaoming. Research on the change trend of farmland quantity in China for recent 20 years and its driving factors[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2019, 40(8): 171-176.

[5] 肖丽群,陈伟,吴群,等. 未来 10 a 长江三角洲地区耕地数量变化对区域粮食产能的影响:基于耕地质量等别的视角[J]. 自然资源学报, 2012, 27(4): 565-576.
XIAO Liqun, CHEN Wei, WU Qun, et al. Impact of cultivated land quantity change on grain productive capacity of Yangtze river delta in the next 10 years:From the perspective of cultivated land quality grade[J]. Journal of Natural Resources, 2012, 27(4): 565-576.

[6] 姜广辉,赵婷婷,段增强,等. 北京山区耕地质量变化及未来趋势模拟[J]. 农业工程学报,2010,26(10):304-311.
JIANG Guanghui, ZHAO Tingting, DUAN Zengqiang, et al. Cultivated land quality change and its future trend modeling in Beijing mountainous area[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 26(10): 304-311.

[7] 曲胜秋,刘艳芳,银超慧,等. 1990—2015 年福建省耕地变化的空间格局分析[J]. 中国生态农业学报:中英文, 2020, 28(4): 587-598.
QU Shengqiu, LIU Yanfang, YIN Chaohui, et al. Spatial pattern of cultivated land change in Fujian Province from 1990 to 2015[J]. Chinese Journal of Eco-agriculture, 2020, 28(4): 587-598.

[8] 牛继强,林昊,牛樱楠,等. 经济欠发达地区撂荒耕地空间格局与驱动因素分析[J]. 农业机械学报,2017,48(2):141-149.
NIU Jiqiang, LIN Hao, NIU Yingnan, et al. Analysis of spatial pattern and driving factors for abandoned arable lands in underdevelopment region[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(2): 141-149.

[9] YAO Z Y, ZHANG L J, TANG S H, et al. The basic characteristics and spatial patterns of global cultivated land change since the 1980s[J]. Journal of Geographical Sciences, 2017, 27(7): 771-785.

[10] 龙禹桥,吴文斌,胡琼,等. 美洲耕地利用格局及其时空变化特征[J]. 中国农业科学, 2018, 51(6): 1134-1143.
LONG Yuqiao, WU Wenbin, HU Qiong, et al. Spatio-temporal changes in America's cropland over 2000-2010[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(6): 1134-1143.

[11] 关兴良,方创琳,鲁莎莎. 中国耕地变化的空间格局与重心曲线动态分析[J]. 自然资源学报, 2010, 25(12): 1997-2006.
GUAN Xingliang, FANG Chuanglin, LU Shasha. Analysis of spatial distribution and gravity centers curve dynamic cultivated land changes in China[J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(12): 1997-2006.

[12] 蔡为民,肖婷,毕芳英,等. 基于核密度估算的大都市耕地数量 空间分布特征分析 :以天津市为例[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(1): 152-160.
CAI Weimin, XIAO Ting, BI Fangying, et al. Analysis of spatial distribution characteristics of cultivated land based on kernel density estimation in metropolis:A case study in Tianjin[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2019, 40(1): 152-160.

[13] 张晗,赵小敏,欧阳真程,等. 多尺度下的南方山地丘陵区耕地质量空间自相关分析:以江西省黎川县为例[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(2): 263-273.
ZHANG Han, ZHAO Xiaomin, OU YANG Zhencheng, et al. Multi-scale spatial autocorrelation analysis of cultivated land quality in China's southern hillside areas: A case study of Lichuan County, Jiangxi Province[J]. Chinese Journal of Eco-agriculture, 2018, 26(2): 263-273.

[14] 吴大放 刘艳艳 王朝晖. 基于 Logistic-CA 的珠海市耕地变化机理分析[J]. 经济地理, 2014, 34(1): 140-147.
WU Dafang, LIU Yanyan, WANG Zhaohui. Mechanism of cultivated land change in Zhuhai city based on a Logistic-CA model[J]. Economic Geography, 2014, 34(1): 140-147.

[15] RANGA V, POESEN J, VAN ROMPAEY A, et al. Detection and analysis of Badlands dynamics in the Chambal River Valley (India), during the last 40 (1971—2010) years[J]. Environmental Earth Sciences, 2016, 75(3): 183.

[16] 张谱,管文轲,刘洪霞,等. 新疆迪那河流域轮台人工绿洲耕地时空变化特征分析[J]. 农业机械学报,2019,50(5):291-299.
ZHANG Pu, GUAN Wenke, LIU Hongxia, et al. Characteristics analysis on spatial-temporal changes of farmland in Luntai Artificial Oasis in Dina River Watershed of Xinjiang[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(5): 291-299.

[17] 刘敏,赵翠薇,施明辉. 贵州山区土地利用变化多尺度空间自相关分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(20): 230-237.
LIU Min, ZHAO Cuiwei, SHI Minghui. Spatial autocorrelation analysis of multi-scale land use change at mountainous areas in Guizhou province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(20): 230-237.

责任编辑:张建合