

基于 DEM 的土地利用格局空间自相关分析

汪煜, 朱振宇, 刘玥 (南京大学金陵学院, 江苏南京 210089)

摘要 以安徽省枞阳县为研究区, 对县域土地利用格局进行了全局空间自相关和局部空间自相关分析, 并结合 DEM 进一步分析了该县各土地利用类型显著集聚特征的地形特征。结果表明, 各土地利用类型都表现出空间正自相关特性, 所表现的空间集聚或异常的位置及范围也各有不同, 并且集聚特征的发生具备一定的地形条件, 地形特征影响土地利用格局的形成和空间集聚分布。

关键词 空间自相关; DEM; 土地利用格局

中图分类号 S28 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)23-08009-05

Analysis of Land Use Spatial Autocorrelation Pattern Based on DEM Data

WANG Yu et al (Jinling College, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210089)

Abstract Using DEM and spatial autocorrelation analysis method, the relationship between terrain factors and land use pattern aggregation degree was analyzed, which will provide ideas for better understanding of land use pattern and variation, also provide decision-making support for regional land use management. Taking Zongyang County in Anhui Province as the studied area, the global spatial autocorrelation and local spatial autocorrelation were analyzed, combined with the DEM, the terrain feature of various land use types were further analyzed. The results showed that the land use types indicated positive spatial autocorrelation. The area and scope of the spatial aggregation or abnormal are different, spatial agglomeration occur in particular conditions of terrain, and terrain affect the land use and spatial pattern of the aggregated distribution.

Key words Spatial autocorrelation; DEM; Land use pattern

空间自相关是指空间中具有一定客观规律的空间变量在空间上的分布特征及对邻域的影响程度, 可用来反映研究对象在空间位置中集聚程度^[1]。土地利用格局空间自相关表现为土地利用变量在空间上的分布特征及其对邻域的影响程度, 土地利用在区域空间连续分布, 具有显著性空间自相关的区域往往表现为地理对象的局部空间集聚。谢花林研究了内蒙古翁牛特旗土地利用变化的多尺度空间自相关特征^[2]; 李慧等以珠江三角洲为研究区研究其土地利用变化空间自相关性^[3]; 张峰等分析了北京昌平区景观格局的集聚特征^[4]; 邱炳文等分析了福建省土地利用空间自相关特征^[5]。这些研究表明空间自相关分析能有效地应用于土地利用格局研究。

土地利用格局的形成受人类活动和自然环境等多因素影响^[6-8], 地形作为自然环境中的重要因素之一, 为土地利用格局的形成提供基础^[9]。将空间自相关分析和地形分析结合, 能进一步理解土地利用格局空间自相关的地形特征, 为区域土地利用的管理应用提供决策支持。笔者运用 DEM 和空间自相关、分析方法分析了地形因素与土地利用格局集聚程度之间的关系, 为更好地理解土地利用格局和变化提供了思路, 也为区域土地利用管理提供决策支持。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况 以安徽省枞阳县为例进行研究。枞阳县地处安徽省西南部, 长江北岸, 大别山之东南麓, 地理坐标为 117°05'~117°43'E、31°01'~31°38'N, 面积为 1 808.1 km²。境内地势北高南低, 中部低平, 低山丘陵岗冲相间, 其中东北部低山区, 西北部低丘陵地平原区, 中西部丘陵冲区, 东南部江湖洲圩平原区, 自然差异明显。将枞阳县作为研究区具有一定的代表性。

1.2 研究方法

1.2.1 空间自相关分析。 计算空间自相关方法有多种, 其中最常用的有 Moran's I、Geary's C、Getis 等方法, 一般分为 2 大类: 一类为全局空间自相关, 另一类为局部空间自相关。

(1) 全局空间自相关。全局空间自相关用于描述空间对象整体分布状况, 并判断此对象在空间上是否有集聚特性, 但不能确切判断集聚在哪些地区。常采用 Moran's I 统计量进行全局空间自相关度量, 其值可用以识别研究区域整体的空间分布模式^[10-11]。Moran's I 统计量计算公式如下^[1]:

$$I = \frac{n}{S_0} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

式中, x_i 和 x_j 分别为样本 i 和 j 所在位置的属性值; w_{ij} 为空间权重, 为样本均值; n 为样本总数。Moran's I 值计算结果为正(正向关联), 代表空间相似, 反映相似空间变量的集聚特性; 计算结果为负(负向关联), 代表空间相异; 计算结果趋于 0(离散分布), 则代表空间随机, 是一种典型的负相关现象。

(2) 局部空间自相关。全局 Moran's I 不能确切指出集聚或异常发生的具体空间位置, 此时需要用局部自相关方法作进一步分析, 包括空间关联局域指标^[12]和 Moran 散点图^[13]。

Moran 散点图是用散点图描述变量 Z 与其空间滞后(即该观测值周围邻居的加权平均)向量 WZ 之间的相关关系。横轴对应描述变量, 纵轴对应空间滞后向量。分为 4 个象限, 分别识别研究单元及其邻近单元的关系。第一象限(H-H): 表示研究单元变量高值的区域被高值的其他区域所包围; 第二象限(L-H): 表示研究单元变量低值的区域被高值的其他区域所包围; 第三象限(L-L): 表示研究单元变量低值的区域被低值的其他区域所包围; 第四象限(H-L): 表示研究单元变量高值的区域被低值的其他区域所包围。一、三象

限正的空间自相关关系表示相似观测值之间的空间联系,暗示相似值的聚集;二、四象限负的空间自相关关系表示不同观测值之间的空间联系,暗示空间异常(spatial outliers);如果观测值均匀地分布在4个象限,则表示地区之间不存在空间自相关性。因此,采用 Moran 散点图可以直观地看出区域内存在几种聚集或异常特征。

空间关联局部指标(local indicators of spatial association, LISA)用来衡量空间单元变量值与周边单元变量值的相近(正相关)或差异(负相关)程度。该指标可以用局部 Moran's I 统计量进行度量,公式为:

$$I_i = x_i' \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j'$$

式中, x_i' 和 x_j' 都是标准化的单元观测值; w_{ij} 为空间权重,其确定与全局自相关 w_{ij} 确定的方法相同,并可通过绘制 LISA 分布图直观描述各空间单元中变量的聚集和异常状况。

1.2.2 区域统计分析。运用 ArcGIS 统计分析工具可实现相关数据汇总及比较等处理,通过叠加地形因素数据与 LISA 分布图,统计 LISA 分布图中的 H-H 聚集、L-L 聚集、H-L 异常和 L-H 异常中各地形差异。该研究利用区域 DEM 数据派生出高程和坡度 2 种地形因子,分析其叠加区域中的各因子的均值、范围和标准差等统计数据,其结果用于分析 H-H 聚集区、L-L 聚集区、H-L 异常区和 L-H 异常区的地形特征。

1.3 数据来源与处理

1.3.1 土地利用数据处理。该研究收集了 2008 年枞阳县 1:1 万的第二次全国土地调查数据,结合第二次全国土地调查土地分类,综合考虑枞阳县土地利用特点,对土地利用数据的原有地类进行重分类,最终得到耕地、园地、林地、其他农用地、建设用地、水域和其他土地共 7 种土地利用类型。

该研究运用网格化处理方法,以 500 m × 500 m 作为基本研究尺度,将研究区划分为 500 m × 500 m 网格单元,共 7 690 个单元,并计算每个网格单元内各类用地的面积作为分析变量。

1.3.2 DEM 数据处理。DEM 数据来源于美国国家航空航天局(NASA)ASTER G-DEM,栅格大小为 30 m × 30 m。基于 DEM 地形分析,提取了高程和坡度 2 种地形因子(见图 1 ~ 2),并将坡度数据分为 5 级:坡度 ≤ 2° 为 1 级;2° < 坡度 ≤ 6° 为 2 级;6° < 坡度 ≤ 15° 为 3 级;15° < 坡度 ≤ 25° 为 4 级;坡度 > 25° 为 5 级。

1.3.3 空间权重数据处理。无论是全局空间自相关分析还是局部空间自相关分析,都需要构建空间权重数据。常见构建空间权重的方法有基于邻接关系的权重和基于距离的权重。该研究在全局空间自相关分析中构建基于不同距离的空间权重数据,其距离值分别选择为 500、1 000、2 000、5 000、10 000 和 15 000 m。在局部空间自相关分析中构建基于“后”型(queen's case)邻接关系权重。

2 结果与分析

2.1 土地利用全局空间自相关 该研究以 500 m × 500 m 作为基本网格单元,网格单元中各类土地的用地面积作为观测变量,分别基于 500、1 000、2 000、5 000、10 000 和 15 000 m 等

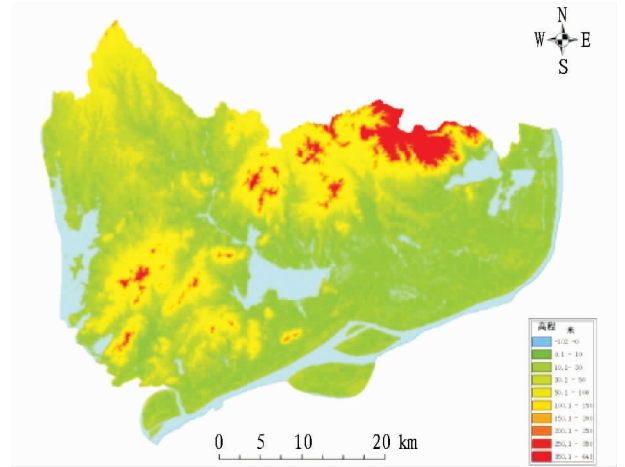


图1 枞阳县高程分布

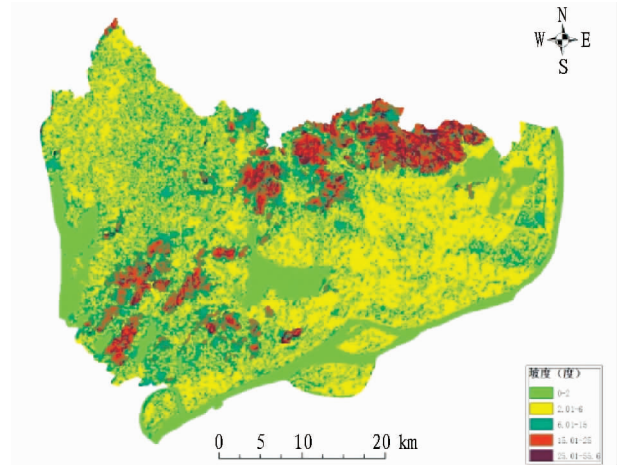


图2 枞阳县坡度分布

不同尺度的空间权重,运用全局自相关方法分析枞阳县土地利用的空间分布特征。计算枞阳县 2008 年 7 种土地利用类型的 Moran's I 值,得到空间自相关图(图 3)。

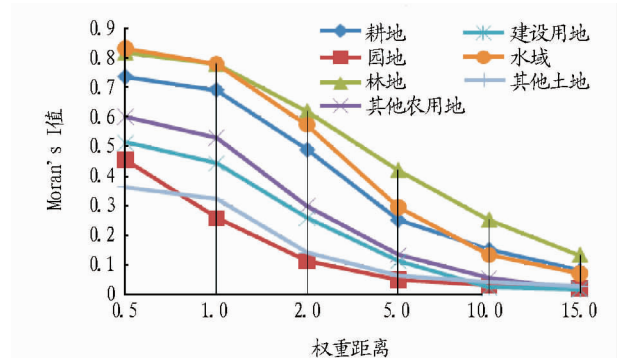


图3 枞阳县 7 种地类空间自相关关系

由图 3 可知,所有土地利用类型的全局 Moran's I 值均为正值,都表现出空间正自相关特性,并随着权重距离的增加而减小。因此研究区各土地利用类型的整体空间分布不是随机的,表现出一定的空间聚集性,但当权重距离增加到 15 km 时,其整体空间正自相关特性减弱。当权重距离为最小距离 0.5 km 时,其各土地利用类型全局 Moran's I 值由大到小依次为:水域、林地、耕地、其他农用地、建设用地、园地和其他土地。

2.2 土地利用局部空间自相关

2.2.1 局部空间自相关 Moran 散点图。按照局部空间自相关 Moran 散点图的方法理论,基于邻接关系空间权重,构建

枞阳县 2008 年各土地利用类型的 Moran 散点图,结果如图 4 所示。

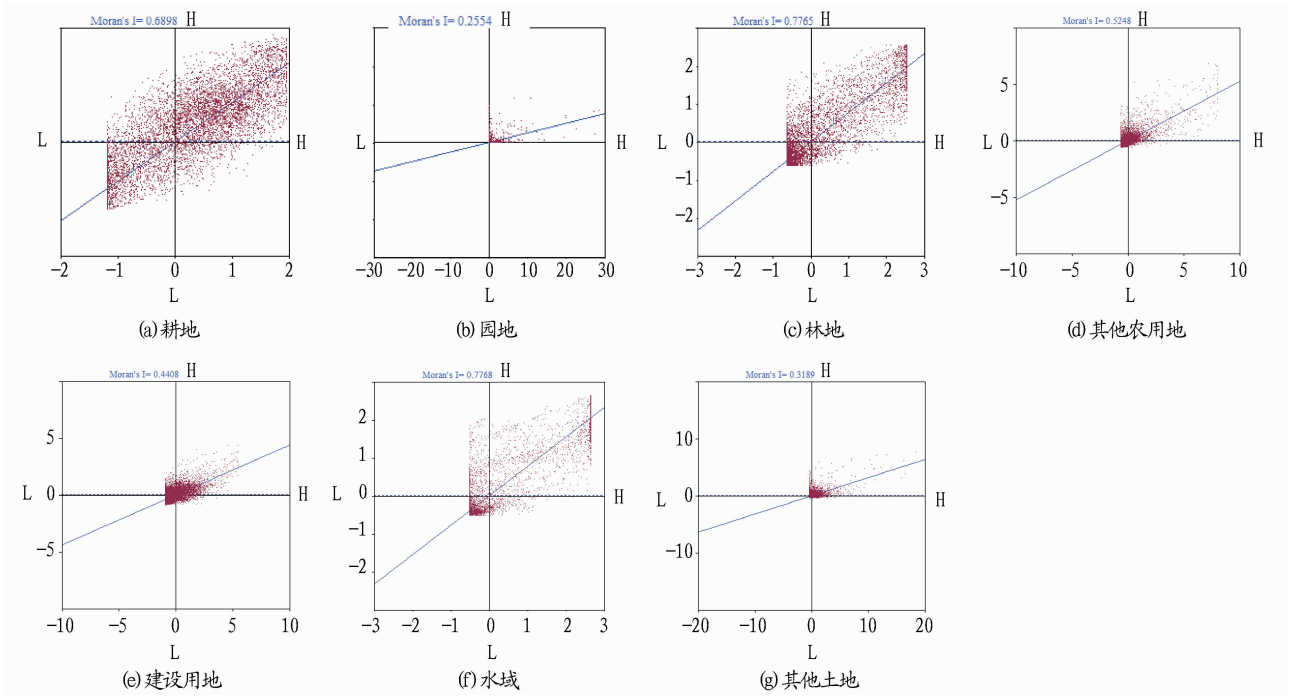


图 4 2008 年枞阳县各土地利用类型的 Moran 散点图

从图 4 可看出,各土地利用类型 Moran 散点图中斜率均为正,整体表现正相关,局部特征以枞阳县耕地 Moran 散点图为例:图中 4 个象限以此对应于 H-H、L-H、L-L 和 H-L 象限,H-H 象限(或 L-L 象限)表示单元网格耕地面积与和周边网格耕地面积均值都较高(或较低),相邻单元网格的空间差异度小,呈空间正相关,表现为聚集特征。相反位于 H-L 象限(或 L-H 象限)表示单元网格耕地面积较高(或较低),而周边网格耕地面积均值较低(或较高),相邻单元网格的空间差异度大,呈空间负相关,表现为异常特征。如图 4(a)中,

绝大多数点分布于、三象限,表明枞阳县耕地用地分布呈 H-H 和 L-L 聚集趋势,而位于二、四象限的点数较少,说明其耕地用地出现异常的情况少。其他各土地利用类型分布的聚集和异常特征均可从图 4 中分析得出。

2.2.2 局部空间自相关 LISA 集聚图。Moran 散点图表达了各土地利用类型空间分布的聚集和异常特征,LISA 集聚图可进一步确定局部空间聚集或异常的具体位置。枞阳县 2008 年各土地利用类型的 LISA 集聚图如图 5 所示。

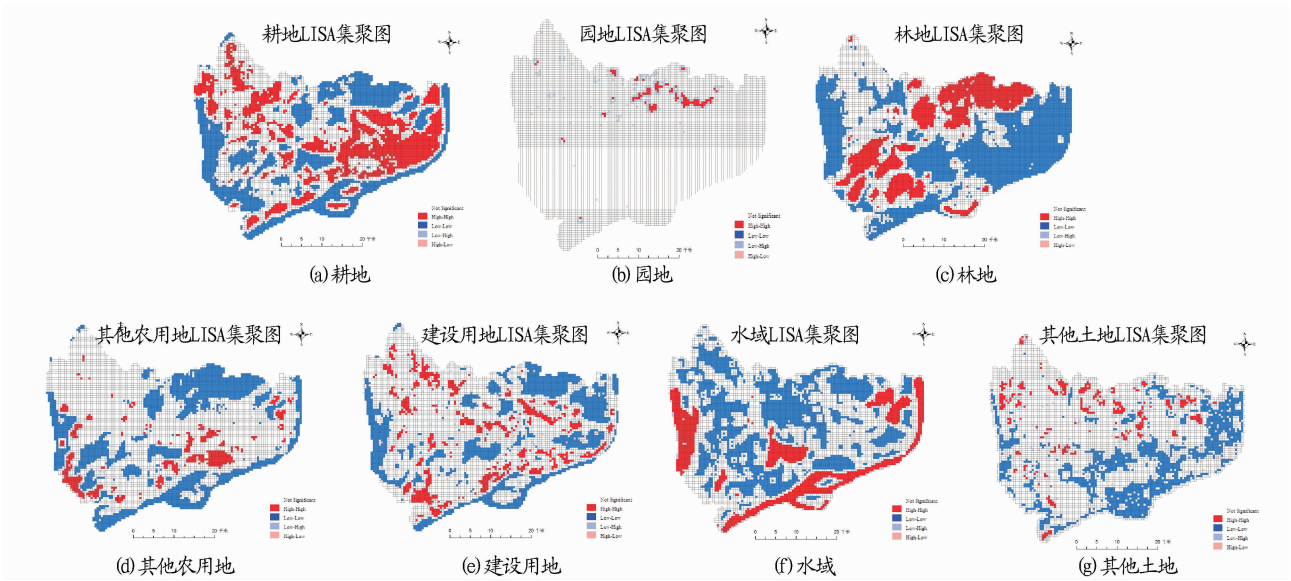


图 5 2008 年枞阳县各土地利用类型的 LISA 集聚结果

由图 5 可知,各土地利用类型在空间结构上都表现有 H-H(红色区域)、L-L(蓝色区域)显著集聚的同时,在局部范围内也出现了 H-L、L-H 异常区的情况。图 5(a)中耕地的 H-H 区域主要分布在县域东部,此区域为农场,是枞阳县重点基本农田保护区,其耕地表现为集中连片的分布特征。图 5(b)中,园地分布较少,主要集聚于县域北部山区,主要为集中连片的茶园地。图 5(c)中,林地表现出显著的 H-H 和 L-L 特征,其主要分布于县域北部山区和县域南部山区等区域。图 5(d)中,其他农用地也呈现了 H-H 和 L-L 空间集聚特征,其集聚特征主要分布于县域东南部和县域西南部,此区域主要为养殖鱼塘的集中分布区。图 5(e)中,建设用地的 H-H 区主要分布于各乡镇驻地区,南部县城驻地及东北部横埠工业区的 H-H 集聚特征表现较为突出。图 5(f)中,水域呈现明显的 H-H 和 L-L 特征,H-H 区分布于县域内的长江和湖泊。图 5(g)中,其他土地的 H-H 主要分布在县域北部,L-L 主要分布在东南部和东部区域。

2.3 土地利用空间自相关的地形分析 地形是影响土地利用空间格局的重要因素之一,其也直接影响土地利用空间自相关格局,影响着不同土地利用的聚集和异常特征。通过将枞阳县 7 种土地利用类型的 LISA 分布图(图 5)与地形因子图(图 1~2)叠加,运用区域统计的方法统计各土地利用类型 H-H 与 L-L 所对应的高程变化和坡度变化情况。统计结果见表 1~4。

表 1 2008 年枞阳县各土地利用类型 H-H 显著集聚区的地形(高程)统计值

地类	网格数 个	高程//m			
		最小值	最大值	平均值	标准差
耕地	1 966.00	-31.61	150.37	9.73	10.00
园地	113.00	11.23	385.36	125.34	78.94
林地	1 468.00	-1.24	591.16	134.57	111.06
其他农用地	503.00	-12.42	32.96	5.29	6.44
建设用地	844.00	-3.58	196.77	18.42	16.47
水域	1 232.00	-8.96	29.74	0.01	5.50
其他土地	379.00	-4.00	567.76	61.60	77.84

表 2 2008 年枞阳县各土地利用类型 H-H 显著集聚区的地形(坡度)统计值

地类	网格数 个	坡度//°			
		最小值	最大值	平均值	标准差
耕地	1 966.00	2.77	23.43	5.32	1.36
园地	113.00	3.88	28.64	15.05	5.46
林地	1 468.00	1.84	29.60	14.95	5.42
其他农用地	503.00	0.00	13.56	5.50	2.01
建设用地	844.00	1.78	22.72	5.94	2.20
水域	1 232.00	0.00	16.53	2.41	2.63
其他土地	379.00	0.00	28.64	9.37	5.64

由表 1 和表 2 可知,不同土地利用类型的 H-H 显著集聚区的地形特征各有差异,耕地和其他农用地、建设用地和水域主要集中于低海拔、坡度缓的区域,地形特征分布较集中。园地和林地和其他土地分布的平均海拔相对较高,平均坡度大,地形特征分布较广。各土地利用类型 H-H 显著集聚区的平均海拔由高到低依次为:林地、园地、其他土地、建设用地、耕地、其他农用地和水域。平均海拔分布范围由高到低依次

为:林地、园地、其他土地、建设用地、耕地、其他农用地和水域。平均坡度由高到低依次为:园地、林地、其他土地、建设用地、其他农用地、耕地和水域。平均坡度分布范围由高到低依次为:其他土地、园地、林地、水域、建设用地、其他农用地和耕地。

表 3 2008 年枞阳县各土地利用类型 L-L 显著集聚区的地形(高程)统计值

地类	网格数 个	高程//m			
		最小值	最大值	平均值	标准差
耕地	2 212.00	-12.42	591.16	80.07	117.37
园地	-	-	-	-	-
林地	3 132.00	-31.61	54.75	4.56	7.22
其他农用地	2 159.00	-21.00	591.16	86.00	116.49
建设用地	1 815.00	-12.74	591.16	73.60	125.78
水域	2 660.00	-2.68	591.16	67.43	95.84
其他土地	1 760.00	-9.76	514.73	22.66	66.29

注:“-”表示此类型无显著特征。

表 4 2008 年枞阳县各土地利用类型 L-L 显著集聚区的地形(坡度)统计值

地类	网格数 个	坡度//°			
		最小值	最大值	平均值	标准差
耕地	2 212.00	0.00	29.60	9.14	8.25
园地	-	-	-	-	-
林地	3 132.00	0.00	17.13	4.23	2.39
其他农用地	2 159.00	0.00	29.60	9.64	8.14
建设用地	1 815.00	0.00	29.60	8.06	8.26
水域	2 660.00	2.98	29.60	9.48	5.77
其他土地	1 760.00	0.00	26.24	5.47	5.02

注:“-”表示此类型无显著特征。

由表 3 和表 4 可知,不同土地利用类型的 L-L 显著集聚区与 H-H 显著集聚区的地形特征差异很大。耕地、其他农用地、建设用地和水域的地形统计值表明这些地类较少分布于高海拔、高坡度地区,地形特征表现为山地,在这些地形区域内不利于耕地耕作、农业养殖、生产建设及水域形成,因此耕地、其他农用地、建设用地和水域在山区内表现出强的 L-L 显著集聚特征;林地和其他土地的地形统计值表明其较少分布于低海拔、坡度缓地区,县域内林地和其他土地主要分布高海拔、高坡度的山地地区。由于县域内园地分布较少,未表现出 L-L 显著集聚特征。

总之,各土地利用类型 H-H 和 L-L 聚集特征的发生具备一定的地形条件,相邻网格的地形特征越相似,其土地利用结构越相近,彼此空间相关程度也越高。

3 结论

该研究以枞阳县土地利用数据及 DEM 数据为例,运用空间自相关分析方法,在网格大小为 500 m × 500 m 的尺度下进行了枞阳县土地利用格局空间自相关分析,并结合 DEM 所提取的高程和坡度数据进一步分析了该县各土地利用类型显著集聚特征的地形特征,结论如下:

- (1)进行全局空间自相关分析。所有土地利用类型表现出空间正自相关特性,其自相关强度随着距离的增加而减弱。各土地利用类型中空间自相关强度最大的为水域,最小的为其他土地。
- (2)进行局部空间自相关分析。运用 Moran 散点图和

LISA 集聚图进一步分析了局部空间集聚特征。各土地利用类型都表现出 H-H、L-L 显著集聚的同时,在局部范围内也出现了少量 H-L、L-H 异常区的情况。不同土地利用类型所表现的空间集聚或异常的位置及范围也各有不同。

(3)主要分析了 H-H 和 L-L 集聚区的地形特征。各土地利用类型 H-H 和 L-L 集聚特征的发生具备一定的地形条件,地形特征影响土地利用格局的形成和空间集聚分布。

参考文献

[1] CLIFF A, ORD J. Spatial Autocorrelation [M]. Pion, London, 1973.
[2] 谢花林, 刘黎明, 李波, 等. 土地利用变化的多尺度空间自相关分析——以内蒙古翁牛特旗为例[J]. 地理学报, 2006, 61(4): 389–400.
[3] 李慧, 王云鹏, 李岩, 等. 珠江三角洲土地利用变化空间自相关分析[J]. 生态环境学报, 2011, 20(12): 1879–1885.
[4] 张峰, 张新时. 基于 TM 影像的景观空间自相关分析——以北京昌平区为例[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2853–2858.

+++++

(上接第 7966 页)

结冰,很多车辆都打滑难以前行,汤头、平型关、灵丘入口封闭。9月19日受雾影响,大同境内京大高速局部路段道路封闭,对交通运输不利。12月17日受降雪及道路结冰影响,山西境内京大高速、大同市绕城高速、局部路段道路封闭。

4.4 气候对人民生活的影响 夏季强降雨驱走了盛夏的炎热,但洪涝造成部分房屋损坏倒塌、道路被冲毁,城市内涝严重,给市民日常生活带来诸多不便;冬、春季干燥少雨雪,空气质量差,呼吸道系统疾病多发。

4.5 气候与旅游 2013 年大同全年的天气气候条件总体上适宜旅游,气候条件对旅游的影响属偏好年景。据大同市统计局统计,1~12 月份全市共接待国内外游客 2 355.83 万人次,其中,海外旅游接待 31.27 万人次,同比增长 12.71%,国内旅游接待 2 324.56 万人次,同比增长 22.97%;旅游外汇收入累计 11 781.23 万美元,同比增长 15.23%;国内旅游收入 192.9 亿元,同比增长 23.5%;旅游总收入 200.33 亿元,同比增长 23.04%。特别是春节、五一、国庆等期间,全市以晴到多云天气为主,气温适宜,无明显影响天气,总体气象条件适宜出行,期间共接待旅客 59.32 万人次,同比增长 23.51%,这一期间接待游客占全年 39.7%。

5 结论

(1)2013 年大同市年平均气温比历年同期平均值偏高 0.4℃,比 2012 年偏高 1.0℃;四季气温均偏高;其中 4、7 和 10 月平均气温偏低,其余月份偏高。全市年平均降水量比历年同期平均值偏多 20%,比 2012 年偏多 31.7 mm;冬、春季降水偏少,夏、秋季偏多;1、6、7 和 9 月偏多,其余各月均偏少。年平均日照时数比 2012 年偏多 56 h,比历年同期平均值偏少 8 h。年大风日数较历年同期平均值偏少 4.3 d,较 2012 年偏多 2.7 d;大风多集中在 3~5 和 8 月。全市大部分地区终霜冻、初霜冻出现偏晚,无霜期偏短。2013 年农业气象条件总体满足作物生长需求,对 2013 年农业生产丰收起

[5] 邱炳文,王钦敏,陈崇成,等. 福建省土地利用多尺度空间自相关分析[J]. 自然资源学报, 2007, 22(2): 312–318.
[6] 摆万奇,赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析[J]. 资源科学, 2001, 23(3): 39–41.
[7] 徐霞,王静爱,贾海坤,等. 内蒙中部地区不同生态区土地利用格局分布特征[J]. 地理科学进展, 2005, 24(3): 45–49.
[8] 杨丽,谢高地,甄霖,等. 泾河流域土地利用格局的时空变化分析[J]. 资源科学, 2005, 27(4): 26–32.
[9] 喻红,曾辉,江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J]. 地理科学, 2001, 21(1): 64–69.
[10] ANSELIN L. Space Stat Tutorial [M]. Morgantown, WV: Regional Research Institute, WestVi University, 1992.
[11] GETIS A, ORD J K. Local spatial autocorrelation statistics; distributional issues and an Application [J]. Geographical Analysis, 1995, 27: 286–306.
[12] ANSELIN L. Local Indicators of Spatial Association LISA [J]. Geographical Analysis, 1995, 27(2): 93–115.
[13] ANSELIN L, SYABRI I, KHO Y. GeoDa: an introduction to spatial data analysis [J]. Geographical Analysis, 2006, 38(1): 5–22.

到了重要保障作用。

(2)2013 年极端气候事件涉及极端气温、旬平均气温、月平均气温、日降水量、旬降水量、月降水量、季降水量 7 类气象记录,累计 38 站次突破历史极值,其中 24 站次突破建站以来气象记录,14 站次突破近 30 年来气象记录。

(3)2013 年 1~12 月影响大同市的主要气象灾害有干旱、暴雨洪涝、冰雹、大风沙尘、霜冻等天气,给农业、林业、水利、交通和旅游等行业和人民生活造成一定的影响。

参考文献

[1] 索朗欧珠. 近 50 年拉萨植物气候生产力的气候变化特征[J]. 西藏科技, 2007(3): 64–67.
[2] 王有民,叶殿英,艾婉秀,等. 2012 年中国气候概况[J]. 气象, 2013, 39(4): 501
[3] IPCC. Summary of Policymakers of Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, UK and New York USA: Cambridge University Press, 2007.
[4] 丁一汇,戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19–26.
[5] 翟盘茂,章国材. 气候变化与气象灾害[J]. 科学导报, 2004, 22(7): 11–14.
[6] 丁一汇,任国玉,石广玉,等. 气候变化国家评估报告(1): 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展, 2006, 2(1): 3–8.
[7] 刘敏,周昕,高飞. 铁岭市 48 年气候变化特征与近期异常气候[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(4): 1683–1685.
[8] 徐宗学,孟翠玲,赵芳芳. 山东省近 40 年来的气温和降水变化趋势分析[J]. 气象科学, 2007, 27(4): 387–393.
[9] 辛渝,张广兴,俞剑蔚,等. 新疆博州地区气温的长期变化特征[J]. 气象科学, 2007, 27(6): 610–617.
[10] 罗伯良,张超,林浩. 近 40 年湖南省极端强降水气候变化趋势与突变特征[J]. 气象, 2008, 34(1): 80–85.
[11] 袁旗,李海民. 菏泽市建站以来的气候特征分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(24): 10573–10576, 10589.
[12] 吴有训,束长汉,程雪生. 宣城市 2008 年气候影响评价[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(9): 4211–4214.
[13] 梁涛,陈明. 近 59 年锦州市气候变化特征分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(34): 19604–19606, 19687.
[14] 王秀萍,隋洪起,吴萍,等. 大连市 2010 年气候特征及影响评估[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(22): 13621–13626.
[15] 王丽霞,任志远. 山西省大同市农业生态气候适宜度评价[J]. 地理研究, 2007, 26(1): 53–58.