

基于 DEM 的甘孜县土地利用格局空间自相关分析

陈家良¹, 夏建国^{2*}, 雷苑² (1.四川省不动产登记中心, 四川成都 610072; 2.四川农业大学资源学院, 四川成都 611130)

摘要 基于甘孜县土地利用 DEM 数据对甘孜县土地利用格局进行了空间自相关分析, 全县共划分 346 个网格单元, 以每个单元内各地类面积为观测量分别计算了全局和局部空间自相关莫兰指数(Moran's I), 绘制 LISA 分布图, 结果表明, 甘孜县耕地、林地、草地、水域和其他用地均呈现显著的空间聚集性, 且为 HH 型聚集, 林地还存 LL 聚集的现象; 结合 DEM 提取出的海拔、坡度因子, 分析地形因素对空间自相关聚集特征的影响。甘孜县各地类的聚集特征均与相应区域的地形情况密切相关, 地形是土地利用格局的重要影响因素。

关键词 土地利用格局; 空间自相关; DEM; Moran's I 指数; 地形分析; 甘孜县

中图分类号 F301.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)06-0059-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.06.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Spatial Autocorrelation Analysis of Land Use Patterns of Ganzi County Based on DEM Data

CHEN Jia-liang¹, XIA Jian-guo², LEI Yuan² (1.Sichuan Real Estate Registration Center, Chengdu, Sichuan 610072; 2.College of Resources, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130)

Abstract We analyzed the spatial autocorrelation of land use patterns in Ganzi County based on land use and DEM data from Ganzi County. 346 grid units were divided, and the global and local spatial auto-correlation Moran index was calculated based on the observations of the area of each type within each cell. The LISA distribution map was drawn, and the cultivated land, forest land, grassland, water area and other land in Ganzi County showed significant spatial aggregation, and it was HH clustering, and there was also LL clustering phenomenon in forest lands. Combined with the elevation and slope factors extracted from DEM, the influence of topographic factors on spatial autocorrelation aggregation characteristics was analyzed. The results show that the agglomeration characteristics of various types of Ganzi County are closely related to the topographical conditions of the corresponding regions, and the topography is an important factor influencing the land use pattern.

Key words Land use patterns; Spatial autocorrelation; DEM; Moran's I index; Terrain analysis; Ganzi County

在同一地理空间中, 一些变量所呈现出的与其他变量的潜在互相依赖和关联性即为空间自相关性, 空间自相关能够度量变量的空间分布特点及其对相邻单元的作用情况, 反映空间分布的聚集情况和程度^[1-5]。在土地利用的研究领域中, 土地利用格局的空间自相关为在同一研究区中, 各土地利用观测量的空间分布特点和对相邻土地单元的影响, 表现形式为空间聚集。相关研究中, 国内学者构造用地比率^[6]、土地利用程度综合指数^[7]等作为空间自相关分析观测值, 该研究构造渔网, 以网格单元内某地类占网格面积为变量, 分析区域土地利用格局的空间特点。

自然条件是人类活动的基础, 是土地利用的主要影响因素和限制条件, 而地形要素在自然条件中起主要作用, 常作为国内外土地利用格局和景观特征研究^[8-10]中的重要因子进行分析。为获取甘孜县土地利用格局的空间聚集特点, 笔者应用全局和局部空间自相关分析甘孜县土地利用的自相关格局, 并利用分区统计地形因子相关值, 链接地形与土地利用显著聚集特征的关系, 以期为地方政府未来土地规划提供依据, 也进一步探索自然条件与土地利用关系, 丰富土地利用相关研究。

1 资料与方法

1.1 研究区概况 甘孜县位于四川甘孜藏族自治州(99°08'~100°25'E, 31°24'~32°54'N), 面积 6 739.39 km², 位于横断山脉东北边缘, 海拔在 3 325~5 688 m, 县城海拔

3 410 m, 是丘原向山原的过渡区, 属青藏高原的一部分, 高山寒温带气候; 县域地形起伏大, 地貌丰富, 具有较好的典型性和一定的代表性。甘孜县辖 1 镇、21 个乡, 境内多民族聚居。甘孜县土地利用类型主要为耕地、林地、草地、建设用地、水域和其他用地等, 其中其他用地为以荒地为主的自然保留地; 草地为主要地类, 面积占全县面积比达 79%, 其次为林地、耕地, 分别占 13.0% 和 3.7%。

1.2 数据来源及处理 甘孜县土地利用现状图来源于甘孜县人民政府, 数据类型为栅格数据, 比例尺 1:100 000, 利用 ArcGIS 软件对其进行矢量化处理, 得到甘孜县土地利用图(图 1), 构造渔网, 将研究区划分为 346 个 5 000 m×5 000 m 的网格单元, 每个网格单元内各类用地的面积为空间自相关分析的观测量; DEM 数字高程来自美国国家航空航天局, 分辨率为 30 m, 数据类型为栅格数据, 坐标系为 UTM/WGS84, 利用 ArcGIS 软件, 采用自然间断点分级法(Jenks)分 5 段显示甘孜县海拔情况, 提取坡度因子, 也使用自然间断点分级法分 6 段显示(图 2)。

1.3 研究方法

1.3.1 空间全局自相关。 全局空间自相关是对数据集的空间自相关的总体估计^[11], 经典空间自相关统计包括 Moran's I、Geary's C、Getis's G 和标准偏差椭圆等, 该研究的研究对象甘孜县土地利用为连续分布, 选取全局 Moran's I 进行格局分析, 其计算公式^[12-15]如下:

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

1.3.2 空间局部自相关。 全局空间自相关分析主要描述观

作者简介 陈家良(1966—), 男, 四川营山人, 工程师, 从事不动产测绘与自然资源调查研究。*通信作者, 教授, 博士, 博士生导师, 从事国土整治与生态修复、自然资源调查与耕地质量建设等方面研究。

收稿日期 2019-08-21

测量在整个研究区内的空间特征,而无法表现其聚集或异常的具体分布,该研究进一步分析甘孜县局部空间自相关情况,采用 Moran 散点图和空间关联局域指标(local indicators of spatial association, LISA) [16-18] 来刻画聚集或异常的具体情况,以进一步分析甘孜县土地利用空间分布特征。局部 Moran's I 的计算公式如下:

$$I_i = x_i' \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j' \quad (2)$$

1.3.3 分区统计。分区统计由 ArcGIS 软件 [19] 空间分析工具实现,可通过叠加矢量图层和栅格图层对空间要素进行描述性统计。该研究将显著空间聚集或异常的网格单元作为分区统计的基本单位,汇总各聚集或异常的单元的海拔、坡度的最小值、最大值和平均值并分析其驱动因素。

2 结果与分析

2.1 甘孜县土地利用全局自相关分析 将划分的每个网格单元内各类用地的面积作为观测变量,通过全局自相关方法,利用 ArcGIS 软件计算出甘孜县耕地、林地、草地、建设用地和其他用地的 Moran's I 值、Z score 和 P value(表 1),以分析其土地利用的空间分布特征。

由表 1 可知,在置信度 95%的水平上,耕地、林地、草地、水域和其他用地的 Moran's I 值均为正值,由此可拒绝零假

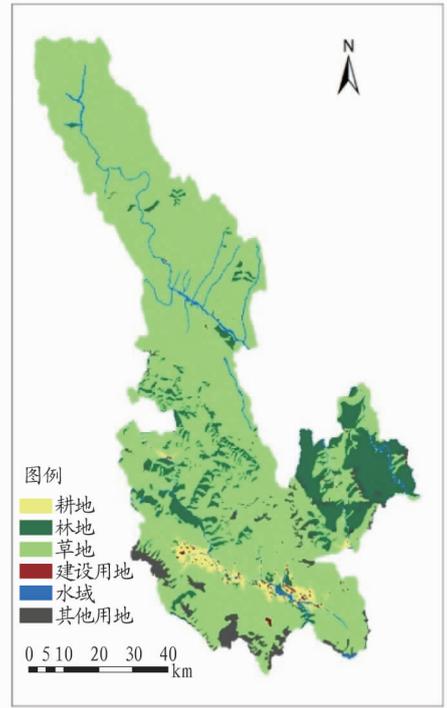


图 1 甘孜县土地利用

Fig.1 Land use of Ganzi County

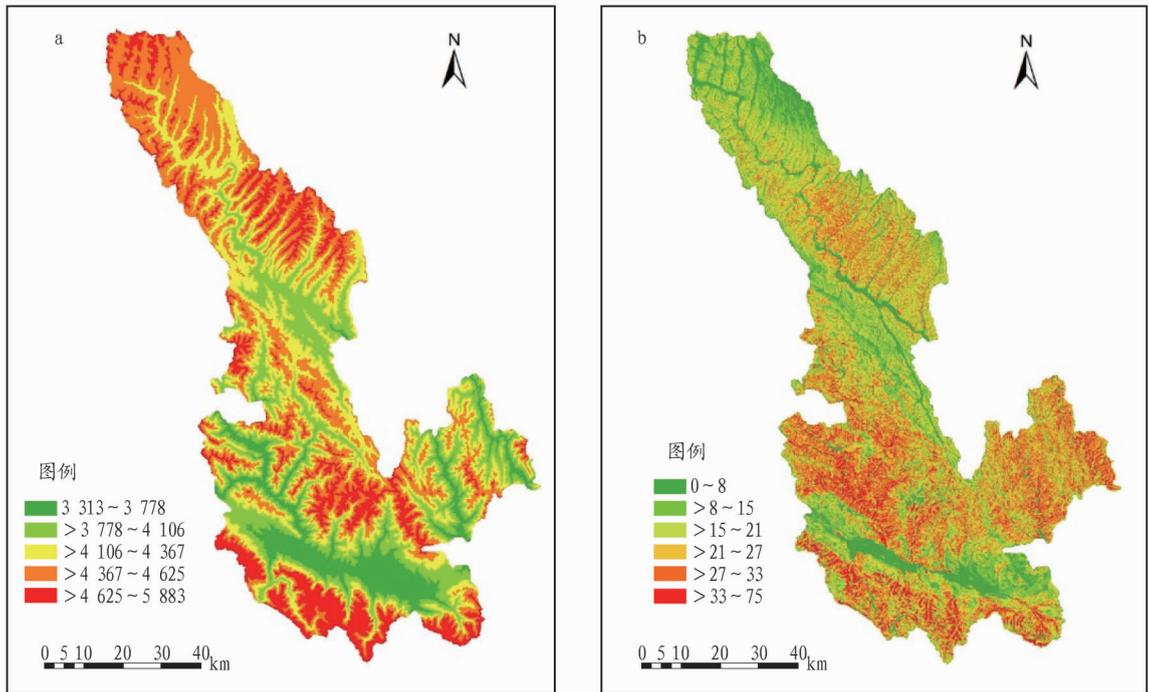


图 2 甘孜县高程(a,m)及坡度(b,°)数据分布

Fig.2 Elevation (a,m) and slope (b,°) distribution of Ganzi County

设,说明甘孜县土地利用中耕地、林地、草地、水域和其他用地均表现出了显著的空间自相关特征即空间聚集性,在各网格单元呈现正相关性。建设用地 Moran's I 值为负,且 P 值高达 0.944 394,未通过自相关显著性检验,即甘孜县建设用地的空间分布无空间聚集现象,为随机分布,故后续局部空间自相关分析及区域综合统计分析忽略此地类。

2.2 甘孜县土地利用局部空间自相关分析

2.2.1 Moran 散点图。土地利用局部空间自相关主要有 4 类情况:HH 聚集、LL 聚集、HL 异常和 LH 异常。利用 Geoda 软件绘制 Moran 散点图(图 3),其中,横坐标为每一个网格单元的各地类用地面积,纵坐标为每一个网格单元的各地类用地面积空间滞后,即相邻单元的地类用地面积,斜率为两者的

相关关系,即 Moran's I 指数。

表 1 各类土地利用全局空间自相关显著性检验

Table 1 Significance test for global Moran's I of each land use type

土地利用类型 Land use type	Moran I	Z 值	P 值 P value
耕地 Cultivated land	0.569 149	15.042 804	<0.001
林地 Forest land	0.679 955	17.368 319	<0.001
草地 Grassland	0.472 528	11.895 016	<0.001
建设用地 Construction land	-0.033 350	-0.069 748	0.944 394
水域 Water area	0.341 051	8.904 793	<0.001
其他用地 Other land	0.424 746	11.051 155	<0.001

注:Z 值为标准差的倍数,P 值为概率,Z 与 P 相关联, $Z < -1.96$ 或 $Z > +1.96$ 时 $P < 0.05$, 即置信度大于 95%

Note: Z is a multiple of the standard deviation, P is the probability, and Z is associated with P. When $Z < -1.96$ or $Z > +1.96$, $P < 0.05$, that is, the confidence is greater than 95%

从图 3 可以看出,数据集中分布在第一象限即为 HH 聚集,如耕地、林地、水域和其他用地,表明这 4 种地类在空间中的聚集特征为大面积的用地单元与大面积的用地单元聚集;数据分布在第二象限为 LH 异常,即低观测值与高观测值之间的集聚,总体而言,甘孜县土地利用 LH 异常较少;数据分布在第 3 象限为 LL 聚集,如草地,表明甘孜县草地的空间分布也呈现出小面积用地单元之间的集聚;数据分布在第四象限为 HL 聚集,甘孜县各地类此类聚集也相对较少。

2.2.2 LISA 分布图。 Moran 散点图能够简明地表现研究区各地类聚集或异常的类型,但不能指出其发生聚集或异常的具体区域,该研究绘制 LISA 分布图进一步透视和剖析甘孜县土地利用空间分布特征。从计算汇总每个网格单元内各类用地的面积并绘制的 LISA 分布图(图 4)可以看出,甘

孜县耕地、林地、草地、水域和其他用地均有表现出显著的 HH 聚集,即 5 种地类各占网格单元的面积之间存在显著正相关,且各地类所占面积较高的单元之间发生空间聚集,相邻单元空间差异度小。草地所占面积较低的网格单元与同样低的发生空间聚集,即为 LL 聚集,呈现空间聚集格局。Z 值 < -1.96 表示观测值之间存在显著负相关,草地网格单元之间高观测值与低观测值聚集在一起,即 HL 异常,而水域中一个网格单元中,低观测值倾向于与高观测值聚集在一起,即 LH 异常,呈现空间异常格局。

LISA 分布图不仅能表现空间聚集或异常的情况,还可直观反映出聚集或异常发生的具体区域以及网格单元数目。结合图 1 和图 4 可以看出,耕地 HH 聚集主要发生在县域南部的雅砻江河谷沿岸,且聚集网格单元数目较多,聚集规模较大,河流为农业生产提供灌溉水源,流水沉积带来较为肥沃的土壤,致使此区域耕地大面积集聚;林地在县域东部谷地呈现出显著的 HH 聚集,聚集网格单元数多,规模大,其聚集区域的山谷中有河流发育,较为湿润,且温度较高,适宜林木生长;草地在县域北部表现出了显著的 HH 聚集特征,而东部及西部少数区域呈显著 LL 聚集,北部为海拔较高的山区,温度较低,无法生长乔木和灌木,为草类适宜环境;水域主要在中北部和南部呈现 HH 聚集,主要为山谷河流易发育地带,聚集区域在县域内分布较广,而非集中在某一处;其他用地主要在西部和南部呈现 HH 聚集,因其他用地主要为自然保留地,其分布与西南部自然条件、河谷地带人类农业活动和城镇建设都密切相关。

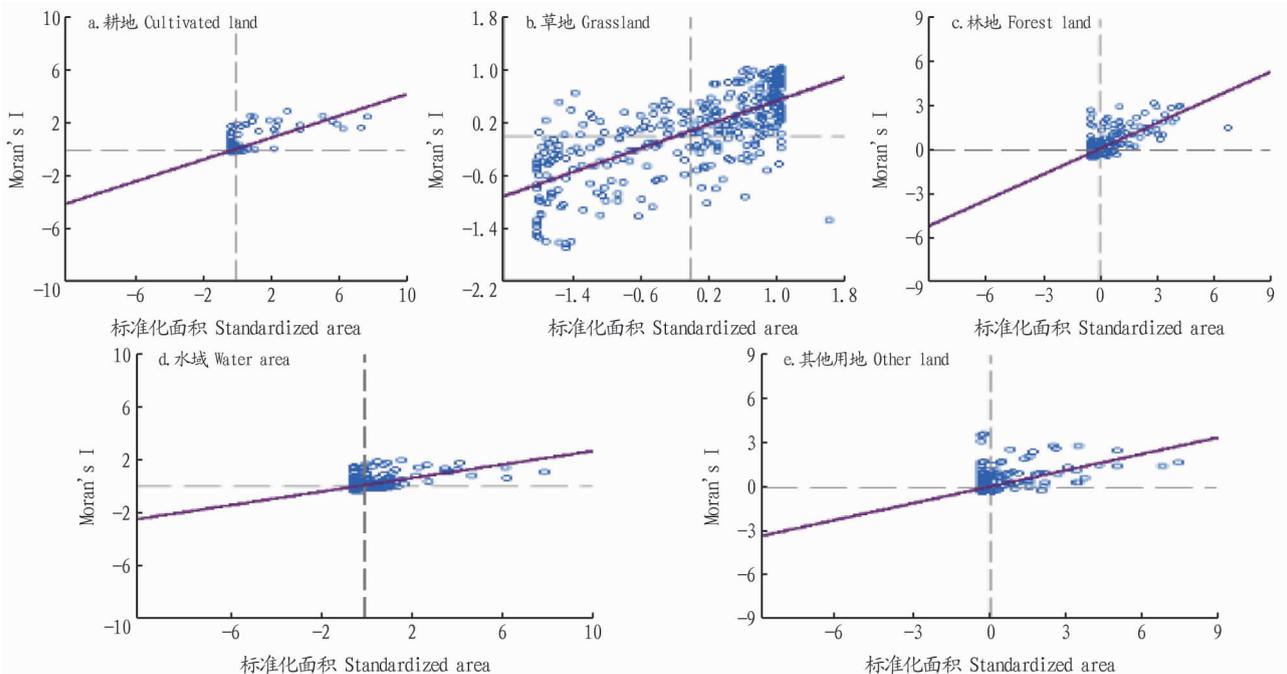


图 3 甘孜县各土地利用类型的 Moran 散点图

Fig.3 Moran scatter-plot of each land-use type of Ganzi County

2.3 甘孜县土地利用自相关格局 DEM 分析 地形在土地利用中起主导作用,与土地利用的空间分布特征密切相关,

也使得土地利用自相关情况有规律可循,且人类在地理空间中的活动也是以地形为基础的^[19]。因此,研究地形因素和

土地利用空间聚集或异常特征的相互关系有助于更好地理解区域土地利用格局。通过 ArcGIS 软件分析甘孜县 DEM,

提取海拔、坡度数据,如图 2。



图 4 甘孜县各土地利用类型空间关联局部指标(LISA)分布

Fig.4 LISA distribution of each land use type of Ganzi County

基于网格单元各地类所占面积,结合土地利用类型 LISA 分布图(图 4)和海拔、坡度因子分析各土地利用类型显著性聚集或异常区域内的地形特点。利用 ArcGIS 软件的空间区域分析工具进行分区统计,得到各地类海拔和坡度因子的数值变化幅度和平均值,以进一步分析土地利用中呈现空间聚集或异常区域的地形特征,也可依托此分析透视某土地利用类型在未来发生聚集或异常的可能性。计算得出显著性 HH、LL 聚集区下的地形因子统计值如表 2 和表 3 所示。

结合表 2、表 3 及 LISA 分布图(图 4)可以看出,耕地 HH 聚集主要发生在区域南部,相较其他几种土地利用类型而言,耕地聚集区海拔跨度更小,甘孜县主要农作物为青稞、豌豆、小麦,作物生长过程对光、水、热均有一定的要求,在县域整体海拔较高的基础上,作物分布在相对低海拔区能获得较好的生长发育条件;甘孜县位于横断山脉的东北部,以山地为主且地形起伏较大,县域总体而言较不适宜农业种植业发展,但县域南部为雅砻江河谷,坡度较小且地形起伏较县域其他地区更小,地势平坦开阔,光照条件好,便于农业生产,故西南部耕地大面积集聚。林地在区域东部呈现出显著的 HH 聚集,东部主要为谷地,海拔较低,温度较高,且较为湿润,适宜林木生长;坡度条件对林木生长的限制性较小,故甘孜县林木大面积聚集区坡度变化幅度较大,且总体而言林木聚集区平均坡度最大。草地在区域北部表现出了显著的 HH 聚集特征,较其他植物而言,草类环境适应性较强,甘孜县草地聚集区海拔跨度较高但坡度和缓,适宜生长;甘孜县主要为山寒温带气候,气温条件致使县域内草地大面积分布,尤其在北部海拔较高地区;东部及西部少数区域呈显著 LL 聚

集,此区域为林地聚集区,故草地面积较小,但由于林木与草类可共生,且该区生长条件较好,故仍呈现小面积的聚集。水域主要在县域中北部和南部呈现 HH 聚集,结合高程图可知,中北部和南部多山谷,为河流易发育地带,故水域聚集区平均海拔较低且海拔跨度较低;甘孜县县域内主要为雅砻江、

表 2 甘孜县 HH 显著性聚集区的地形特征统计值

Table 2 Topographic characteristics in HH significant cluster region of Ganzi County

土地利用类型 Land use type	海拔 Altitude//m		坡度 Slope//°	
	变化幅度	平均值	变化幅度	平均值
耕地 Cultivated land	3 313~4 711	3 699.33	0~52.60	14.14
林地 Forest land	3 409~4 819	4 133.90	0.20~57.15	24.56
草地 Grassland	3 884~4 900	4 394.38	0~42.70	17.69
水域 Water area	3 313~4 805	3 981.94	0~44.26	13.94
其他用地 Other land	3 520~5 584	4 603.83	0.16~64.23	23.15

表 3 甘孜县 LL 显著性聚集区的地形特征统计值

Table 3 Topographic characteristics in LL significant cluster region of Ganzi County

土地利用类型 Land use type	海拔 Altitude//m		坡度 Slope//°	
	变化幅度	平均值	变化幅度	平均值
耕地 Cultivated land	—	—	—	—
林地 Forest land	—	—	—	—
草地 Grassland	3 481~5 871	4 166.24	0.16~72.70	23.71
水域 Water area	—	—	—	—
其他用地 Other land	—	—	—	—

注:“—”为该地类占网格单元面积在网格单元之间并未呈现显著的 LL 聚集特征

Note:“—” indicates that the area occupied by the grid cell area does not show significant LL aggregation characteristics between the grid cells

达曲、泥曲 3 条河流顺其山脉走向流经县境,为常年性河流,水文特征较为稳定,故其聚集区坡度较低。其他用地在西部和南部呈现 HH 聚集,由于其他用地主要是自然保留地,是目前还未利用的土地,包括难利用地、撂荒地等,西部和南部为甘孜县城镇建设区域,该区不合理的土地利用会造成土地退化,且当地为生态脆弱区,土地利用难度较大,一旦出现土地退化现象,恢复难度较大,故其他用地大面积聚集。

3 结论

该研究基于甘孜县土地利用数据及 DEM 数据,划分 346 个网格单元,以每个单元内各地类面积为观测量分别计算了全局和局部空间自相关莫兰指数(Moran's I),绘制 LISA 分布图,结合海拔和坡度因子进一步分析了甘孜县各地类呈显著集聚区的地形特征,主要结论如下:

(1) 甘孜县域土地利用类型空间聚集性耕地、林地、草地、水域及其他用地 4 种地类在置信度 95% 的水平 Moran's I 指数均为正值,表明甘孜县这 4 种地类的空间分布均呈现了显著的空间聚集性;建设用地未通过显著性检验,无空间聚集,为随机分布。

(2) 甘孜县耕地 HH 聚集主要发生在县域南部的雅砻江河谷沿岸,林地在县域东部谷地呈现出显著的 HH 聚集,草地在县域北部表现出了显著的 HH 聚集特征,而耕地、林地和草地在县域东部及西部少数区域呈显著 LL 聚集;水域主要在中北部和南部呈现 HH 聚集;其他用地主要在西部和南部呈现 HH 聚集。

(3) 结合由 DEM 提取的海拔、坡度 2 个地形因子和 LISA 分布图,分析各地类 HH 和 LL 聚集的地形特征,地形条件是甘孜县域各土地利用类型聚集或异常的空间特征的重要影响因素。

(上接第 58 页)

- [2] 赵越,王东,马乐宽,等.实施以控制单元为空间基础的流域水污染防治[J].环境保护,2017(24):13-16.
- [3] 重庆市巴南区人民政府.重庆市巴南区人民政府.巴南区花溪河流域水体达标方案(2019—2021)[Z].2019-08-07.
- [4] 重庆市水利局.南彭水库水源保护工程实施方案评估报告[Z].重庆市水利局,2011.
- [5] 国家环境保护总局.地表水环境质量标准:GB 3838—2002[S].4 版.北京:中国环境科学出版社,2002.

参考文献

- [1] 林琳,马飞.广州市人口老龄化的空间分布及趋势[J].地理研究,2007,26(5):1043-1054.
- [2] 黎夏.珠江三角洲发展走廊 1988-1997 年土地利用变化特征的空间分析[J].自然资源学报,2004,19(3):307-315.
- [3] 赵作权.地理空间分布整体统计研究进展[J].地理科学进展,2009,28(1):1-8.
- [4] 田红霞,郑海霞.太原市中心城区建设用地集约利用空间相关性分析[J].山西农经,2018(1):35-37.
- [5] 曾豪.土地利用格局及其空间自相关动态变化分析:以四川中江县为例[D].成都:成都理工大学,2017.
- [6] 谷建立,张海涛,陈家赢,等.基于 DEM 的县域土地利用空间自相关格局分析[J].农业工程学报,2012,28(23):216-224.
- [7] 汪煜,朱振宇,刘玥.基于 DEM 的土地利用空间自相关格局分析[J].安徽农业科学,2014,42(23):8009-8013.
- [8] 赵东娟,齐伟,赵胜亭,等.基于 GIS 的山区县域土地利用格局优化研究[J].农业工程学报,2008,24(2):101-106.
- [9] 贾宁凤,段建南,乔志敏.土地利用空间分布与地形因子相关性分析方法[J].经济地理,2007,27(2):310-312.
- [10] 孟斌,王劲峰,张文忠,等.基于空间分析方法的区域差异研究[J].地理科学,2005,25(4):393-400.
- [11] 付金霞,郑粉莉,李媛媛.小理河流域土地利用空间自相关格局与影响因素分析[J].农业机械学报,2017,48(1):128-138.
- [12] 庞宇凤,周德全.基于空间自相关的县域土地覆盖空间特征分析[J].贵州师范学院学报,2015,31(3):41-45.
- [13] 焦利民,刘耀林,刘艳芳.区域城镇基准地价水平的空间自相关格局分析[J].武汉大学学报(信息科学版),2009,34(7):873-877.
- [14] 陈彦光.基于 Moran 统计量的空间自相关理论发展和方法改进[J].地理研究,2009,28(6):1449-1463.
- [15] ANSELIN L. Local indicators of spatial association—LISA[J]. Geographical analysis, 1995, 27(2):93-115.
- [16] ANSELIN L, SYABRI I, KHO Y. GeoDa: An introduction to spatial data analysis[J]. Geographical analysis, 2006, 38(1):5-22.
- [17] LI H F, CALDER C A, CRESSIE N. Beyond Moran's I: Testing for spatial dependence based on the spatial autoregressive model[J]. Geographical analysis, 2007, 39(4):357-375.
- [18] 吴静,何必,李海涛. ArcGIS 9.3 Desktop 地理信息系统应用教程[M]. 北京:清华大学出版社,2011.
- [19] 杨昕,汤国安,刘学军,等.数字地形分析的理论、方法与应用[J].地理学报,2009,64(9):1058-1070.
- [6] 国务院.水污染防治行动计划[N].中国环境报,2015-04-17(002).
- [7] 环境保护部,发展改革委,水利部.长江经济带生态环境保护规划[Z]. 2017-07-03.
- [8] 吴舜泽,王东,马乐宽,等.向水污染宣战的行动纲领——《水污染防治行动计划》解读[J].环境保护,2015(9):15-18.
- [9] 王金南,寇江泽.以生态补偿推动共抓长江大保护[N].人民日报,2018-09-17(014).
- [10] 王东,赵越,姚瑞华.论河长制与流域水污染防治规划的互动关系[J].环境保护,2017(9):17-19.