

基于无人机遥感影像和 GIS 相结合的城市绿地均匀度分析

——以安顺市建成区为例

吴倩¹, 谭伟^{1*}, 谢刚^{1,2}, 黄邦明³ (1. 贵州大学林业信息工程研究中心, 贵州贵阳 550025; 2. 贵州科学院山地资源研究所, 贵州贵阳 550000; 3. 贵州省安顺市园林局, 贵州安顺 561000)

摘要 为了全面了解贵州省安顺市建成区城市绿地分布均匀度状况, 运用基于无人机遥感影像和 GIS 相结合的方法, 对安顺市城市绿地信息进行提取和相关分析。结果表明: 在 50 m×50 m、40 m×40 m、30 m×30 m、25 m×25 m、20 m×20 m、15 m×15 m、10 m×10 m、8 m×8 m、5 m×5 m、4 m×4 m 和 2 m×2 m 总共 11 组数据中, 随着格网积减小即格网精度增大, 其相应基尼系数增大, 即绿地分布更趋于集中; 以格网面积作为自变量, 基尼系数作为因变量, 格网精度与基尼系数之间表现出线性关系; 30 m×30 m 格网处理分析结果表明, 安顺市建成区绿地分布均匀度基尼系数为 0.23, 其公共绿地分布比较均匀。

关键词 无人机航拍影像; 绿地分布均匀度; 洛伦茨曲线; 基尼系数

中图分类号 S127 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)04-314-05

Analysis of the Homogeneity Degree of City Green Space Distribution Based on Combination of UAV Aerial Image and GIS—A Case Study of Anshun City

WU Qian¹, TAN Wei^{1*}, XIE Gang^{1,2} et al (1. Research Center of Forestry Information&Engineering, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025; 2. Institute of Mountain Resources, Guizhou Academy of sciences, Guiyang, Guizhou 550025)

Abstract In order to fully understand the homogeneity degree of city green space distribution in Anshun, Guizhou Province, based on the combination of UAV remote sensing images and GIS method, the city green space information of Anshun was extracted and analyzed. Results showed that in 50 m×50 m, 40 m×40 m, 30 m×30 m, 25 m×25 m, 20 m×20 m, 15 m×15 m, 10 m×10 m, 8 m×8 m, 5 m×5 m, 4 m×4 m and 2 m×2 m of a total of 11 sets of data, with the decrease of grid size, its response gini coefficient increased. The green space distribution tended to be more concentrated; with the grid precision as the independent variable and the Gini coefficient as the dependent variable, there is a linear relationship between grid precision and gini coefficient; 30 m×30 m grid processing analysis indicated that gini coefficient of green space distribution in Anshun was 0.23, the public green space distribution was even.

Key words UAV aerial image; Green space distribution uniformity; Lorenz curve; Gini coefficient

城市绿地是指用以栽植树木花草, 布置配套设施, 并由绿色植物所覆盖, 且赋以一定功能与用途的场地^[1-2]。对于城市绿地监测, 传统的人工普查方法和数学统计分析法因其资金和人力投入大、数据处理周期长和缺乏空间统计分析功能, 很难及时、全面地得到现状绿地资料, 并且效率低、成本高^[3]。遥感技术作为一种综合性探测技术具有快速、高效、范围大、动态的特点, 利用高分辨率及多光谱遥感影像提取城市绿地信息可以很好地弥补常规方法的缺陷^[4-5]。

运用高分辨率影像和遥感技术进行城市绿地资源的调查分析, 国内外已有一些学术成果, John Rogan 等^[6]用遥感技术来监测加州森林生态系统。李立^[7]借助 RS 和 GIS 方法调查了开封市建成区 2003 年 10 月的绿地现状; 赵丽丽等^[8]利用 Landsat ETM+ 影像探讨了深圳市绿地信息提取的最佳方法; 黄慧萍等^[9]以多尺度影像分割与面向对象影像分析方法为主要技术, 实现了城市绿地信息精确获取与快速更新。城市绿地分布均匀度评价是从规划定量指标方面来揭示城市绿地分布规律, 它能反映绿地本身的空间格局和分布情况, 体现城市公共绿地所发挥的效用。现有的评价方法可主要归纳为基于公园数量、景观生态学、空间距离、成本消耗和地理场效应 5 种^[10]。城市绿地在空间上的分布和格局, 影响着其对整个城市生态系统的服务功能^[11-12]。可达性分析是

公园绿地均匀度评价最常用的方法, 笔者以贵州省安顺市建成区为例, 利用洛伦茨曲线和基尼系数来定量计算城市绿地分布的集中程度^[13-14]。

1 数据来源及方法路线

1.1 研究区概况 贵州省安顺市建成区总面积 4 831.56 hm², 地处长江水系乌江流域和珠江水系北盘江流域的分水岭地带, 是世界上典型的喀斯特地貌集中地区, 典型的喀斯特地貌使安顺具有多山的特点。安顺平均海拔高度为 1 102~1 694 m, 属典型的高原型湿润亚热带季风气候, 雨量充沛, 年平均降雨量 1 360 mm, 年平均气温 14 ℃, 历史最高气温 34.3 ℃, 最低气温 -7.6 ℃, 年平均相对湿度 80%, 年平均风速 2.4 m/s, 冬无严寒, 夏无酷暑, 气候温和宜人。安顺市是国家最早确定的甲类旅游开放城市之一, 全市风景区面积占幅员面积的 12% 以上, 远高于全国 1% 和贵州省 4.2% 的比例。

1.2 数据来源及处理 该研究使用的主要数据为无人机航拍影像, 影像采集时间为 2013 年 4 月。其他资料包括 2012 年《安顺统计年鉴》等, 用以辅助绿地目视解译和样本点地类判读。获取航拍影像后, 后期数据处理与分析阶段主要分为以下步骤: ①遥感影像预处理, 获取安顺市真彩色正射影像图和近红外正射影像图; ②对遥感影像目视解译, 用 ArcGIS 软件对各类绿地详实勾绘, 某些因各种原因不能确定的区域进行后期现场补测; ③拓扑已勾绘的矢量化数据, 对各类地物属性进行赋值, 建立安顺市建成区绿地信息空间属性数据库; ④基于 ArcGIS 软件随机选取 0.81 km² 区域, 分别进行 50 m×50 m、40 m×40 m、30 m×30 m、25 m×25 m、20 m×20 m、

基金项目 安顺城市绿地遥感调查项目。

作者简介 吴倩(1986-), 女, 贵州毕节人, 硕士研究生, 研究方向: 区域土壤侵蚀与监测。* 通讯作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事森林经理研究。

收稿日期 2016-01-14

15 m × 15 m、10 m × 10 m、8 m × 8 m、5 m × 5 m、4 m × 4 m 和 2 m × 2 m 网格化,计算出相关系数导入 SPSS 软件分析,得到网格精度与基尼系数的相关性。

1.3 绿地分类及影像判读 参照中华人民共和国建设部 2002 年印发的《城市绿地分类标准》(CJJ/T85 - 2002),把安顺市城市绿地主要分为以下 5 类:公园绿地、生产绿地、防护绿地、附属绿地和其他绿地。对植被、农田、道路、建筑、水体等 5 大地类,根据真彩色和近红外假彩色影像的特征,并结合野外调查,建立安顺市城市绿地遥感调查的影像判读解译标志,用于地类判读解译。无人机遥感影像分辨率达到 0.1 m,清晰度较高,采用目视解译能获得较高精度。

2 安顺市公共绿地分布均匀度分析

2.1 方法概述 城市公共绿地的均匀分布,能使居民方便地享受绿地资源,城市公共绿地均匀度正是衡量这一特性的关键指标。它是利用洛伦茨曲线和基尼系数来计算出城市绿地分布的集中程度。以图 1 为例,矩形 A 为城市范围,椭圆形 B 为公共绿地。将范围 A 分割成大小等同 8 × 8 个正方形格,并逐一编号,如图 2 所示。方格中含有绿地的每个方格面积记为 1,消去公共绿地,处理后见图 3^[20-22]。

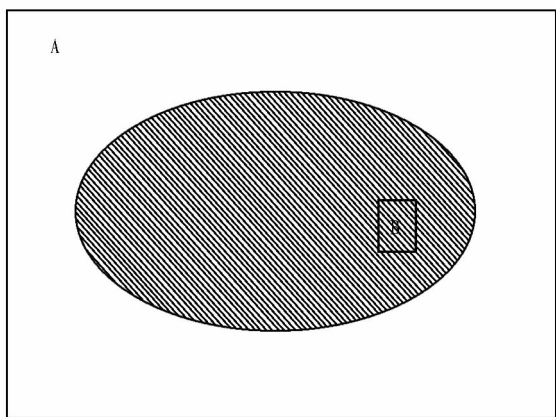


图 1 绿地分布模型 1

Fig. 1 Green land distribution model 1

1	9	17	25	33	41	49	57	65	73
2									74
3									75
4									76
5									77
6									78
7									79
8	16	24	32	40	48	56	64	72	80

图 2 绿地分布模型 2

Fig. 2 Green land distribution model 2

将这些方格按照编号次序分成相同个数的 10 组,统计出每组面积总数及其中公园绿地方格面积总数,见表 1。用

1	9	17	25	33	41	49	57	65	73
2			1	1	1	1			74
3	1	1	1	1	1	1	1	1	75
4	1	1	1	1	1	1	1	1	76
5	1	1	1	1	1	1	1	1	77
6	1	1	1	1	1	1	1	1	78
7			1	1	1	1			79
8	16	24	32	40	48	56	64	72	80

图 3 绿地分布模型 3

Fig. 3 Green land distribution model 3

上述 10 组数据按组内公共绿地方格面积由小到大排列,并统计出组内绿地方格数和绿地方格累计数及百分比累计值,列入表 1。用横坐标表示方格数累计百分比,纵坐标表示绿地方格累计百分比,以坐标图上的 10 个点表示 10 组数据的百分比值,得到绿地分布洛伦茨曲线(图 4)。

一般情况下公共绿地的洛伦茨曲线越靠近直线 OB,表明绿地分布越均匀,越向右下方凸出靠近折线 OAB,则表明绿地分布越集中。洛伦茨曲线用函数 $y = f(x)$ 表示,要对其进行量化分析,可通过对阴影部分面积进行积分计算来实现,公式为:

$$g = \left[\frac{1}{2} - \int_0^1 f(x) dx \right] \frac{1}{2} \tag{1}$$

式中, g 是统计学中的基尼系数,它是图 4 中阴影面积与三角形 OAB 面积之比,其数值越大表明洛伦茨曲线越向右下方凸出,也就是绿地分布越集中,反之 g 数值越小表明公共绿地分布越均匀。参考社会经济学界基尼系数的阈值标准:指标值在 0.2 以下,分布绝对均匀;指标量值为 [0.2, 0.3), 分布比较均匀;指标量值为 [0.3, 0.4), 分布比较合理;指标量值为 [0.4, 0.5), 分布较为集中;指标量值为 0.5 时分布绝对集中。

表 1 模型 2,3 统计排序

Table 1 Model 2, 3 statistics ranking table

组号 No.	方格数累 计百分比 Accumulative percentage of grid number %	组内绿地 方格数 Green space grid number within group	绿地方格 累计数 Green space grid accumulated number	绿地方格累 计百分比 Accumulative percentage of green space grid number//%
1	10	0	0	0
10	20	0	0	0
2	30	4	4	10
3	40	4	8	20
8	50	42	12	30
9	60	4	16	40
4	70	6	22	55
5	80	6	28	70
6	90	6	34	85
7	100	6	40	100

2.2 不同网格精度数据处理对比 基于 ArcGIS 软件随机

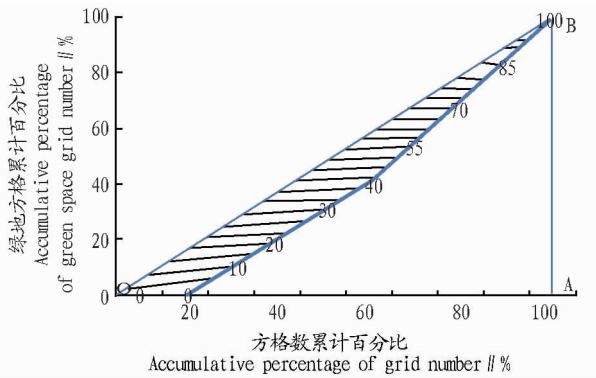


图4 绿地分布洛伦茨曲线

Fig. 4 Lorenz curve of green space distribution

选取0.81 km²区域,对该区域分别进行50 m × 50 m、40 m × 40 m、30 m × 30 m、25 m × 25 m、20 m × 20 m、15 m × 15 m、10 m × 10 m、8 m × 8 m、5 m × 5 m、4 m × 4 m 和2 m × 2 m 总共11组格网化处理。

2.2.1 50 m × 50 m 格网处理结果与分析。按照“2.1”中的方法,50 m × 50 m 格网处理结果见表2,50 m × 50 m 格网绿地分布洛伦茨曲线见图5。

表2 50 m × 50 m 格网绿地统计排序

Table 2 50 m × 50 m grid green space statistics ranking

组号 No.	方格数累 计百分比 Accumulative percentage of grid number %	组内绿地 方格数 Green space grid number within group	绿地方格 累计数 Green space grid accumulated number	绿地方格累 计百分比 Accumulative percentage of green space grid number//%
1	0.57	1	1	0.57
2	1.14	7	8	4.57
3	1.71	13	21	12.00
4	2.29	16	37	21.14
5	2.86	22	59	33.71
6	3.43	24	83	47.43
7	4.00	24	107	61.14
8	4.57	33	140	80.00
9	5.14	35	175	100

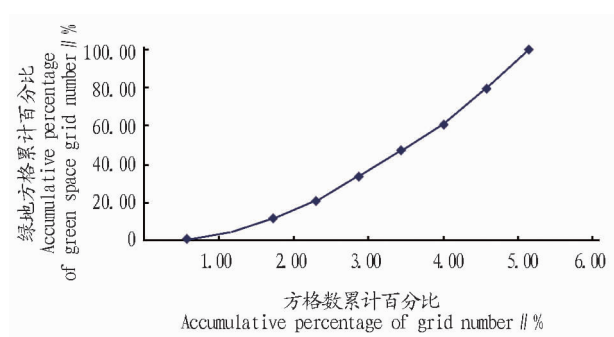


图5 50 m × 50 m 格网绿地分布洛伦茨曲线

Fig. 5 Lorenz curve of 50 m × 50 m grid green space distribution

经过计算, $g = 1 - 2 \int_0^1 f(x) dx = 0.3099$,指标量值处于[0.3,0.4]区间,绿地分布比较合理。在50 m × 50 m 格网中,因选取区域面积为0.81 km²,格网在其区域内被划分为324个小格,因此均分为9组,每组格网数为36个。50 m × 50 m 格网下的绿地分布洛伦茨曲线比较规律。

2.2.2 30 m × 30 m 格网处理结果与分析。按照上述方法,30 m × 30 m 格网处理结果见表3,对应的绿地分布洛伦茨曲线见图6。

经过计算, $g = 1 - 2 \int_0^1 f(x) dx = 0.32514$,指标量值处于[0.3,0.4]区间,绿地分布比较合理。在30 m × 30 m 格网中,因选取区域面积为0.81 km²,单个格网面积为0.0009 km²,因此分为10组较为合适,每组格网数为90个。经过统计,每组间绿地方格数相差不大,30 m × 30 m 格网下的洛伦茨曲线比较均匀。

表3 30 m × 30 m 格网绿地统计排序

Table 3 30 m × 30 m grid green space statistics ranking

组号 No.	方格数累 计百分比 Accumulative percentage of grid number %	组内绿地 方格数 Green space grid number within group	绿地方格 累计数 Green space grid accumulated number	绿地方格累 计百分比 Accumulative percentage of green space grid number//%
1	10	3	3	0.83
2	20	8	11	3.06
3	30	19	30	8.33
4	40	27	57	15.83
5	50	28	85	23.61
7	60	39	124	34.44
6	70	48	172	47.78
8	80	54	226	62.78
9	90	61	287	79.72
10	100	73	360	100

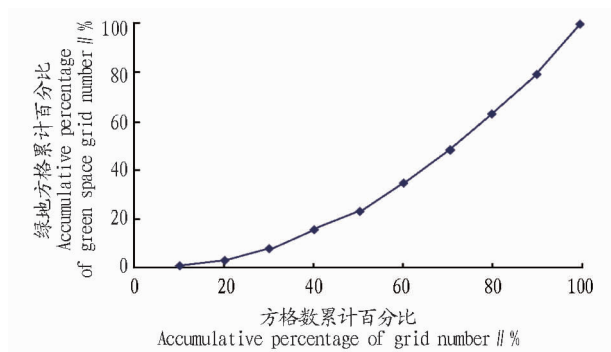


图6 30 m × 30 m 格网绿地分布洛伦茨曲线

Fig. 6 Lorenz curve of 20 m × 20 m grid green space distribution

表4 10 m × 10 m 格网绿地统计排序

Table 4 10 m × 10 m grid green space statistics ranking

组号 No.	方格数累 计百分比 Accumulative percentage of grid number %	组内绿地 方格数 Green space grid number within group	绿地方格 累计数 Green space grid accumulated number	绿地方格累 计百分比 Accumulative percentage of green space grid number//%
1	10	8	8	0.52
2	20	28	36	2.32
3	30	68	104	6.71
4	40	96	200	12.90
5	50	126	326	21.03
7	60	168	494	31.87
6	70	204	698	45.03
8	80	236	934	60.26
9	90	288	1 222	78.84
10	100	328	1 550	100

2.2.3 10 m × 10 m 格网处理结果与分析。按照上文同样的方法,10 m × 10 m 格网绿地统计排序见表 4,对应的绿地分布洛伦茨曲线见图 7。

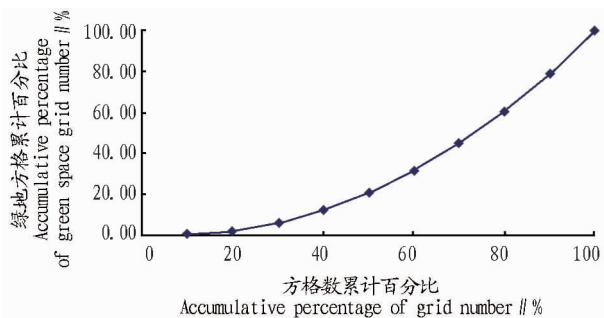


图 7 10 m × 10 m 格网绿地分布洛伦茨曲线

Fig. 7 Lorenz curve of 10 m × 10 m grid green space distribution

经过计算, $g = 1 - 2 \int_0^1 f(x) dx = 0.3889$, 指标量值处在 [0.3, 0.4] 区间, 绿地分布比较合理。在 10 m × 10 m 格网中, 根据区域面积和单元格网面积, 总的格网数分为 10 组较为合适, 每组格网数为 810 个。单元格网面积的减少, 使得格网精度增大, 相应的格网总数和绿地方格落在格网里面的数量大量增加。

2.2.4 5 m × 5 m 格网处理结果与分析。5 m × 5 m 格网绿地统计排序见表 5, 对应的绿地分布洛伦茨曲线见图 8。

表 5 5 m × 5 m 格网绿地统计排序

Table 5 5 m × 5 m grid green space statistics ranking

组号 No.	方格数累计百分比 Accumulative percentage of grid number %	组内绿地方格数 Green space grid number within group	绿地方格累计数 Green space grid accumulated number	绿地方格累计百分比 Accumulative percentage of green space grid number %%
10	10	5	5	0.11
9	20	25	30	0.69
8	30	199	229	5.25
6	40	325	554	12.69
7	50	345	899	20.60
4	60	470	1 369	31.37
5	70	577	1 946	44.59
3	80	637	2 583	59.19
2	90	800	3 383	77.52
1	100	981	4 364	100

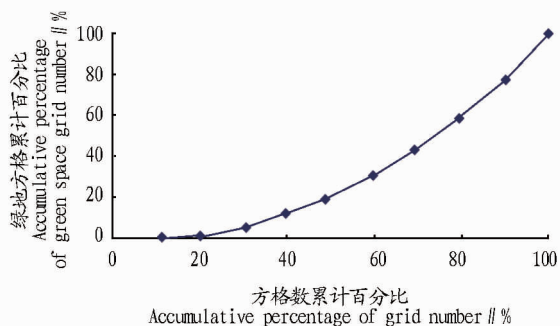


图 8 5 m × 5 m 格网绿地分布洛伦茨曲线

Fig. 8 Lorenz curve of 5 m × 5 m grid green space distribution

经过计算, $g = 1 - 2 \int_0^1 f(x) dx = 0.3987$, 指标量值在 [0.3, 0.4] 区间, 绿地分布比较合理。在 5 m × 5 m 格网中, 根据区域面积和单元格网面积, 总的格网数分为 10 组较为合适, 每组格网数为 3 240 个。从 50 m × 50 m 到 10 m × 10 m 格网, g 值增幅比较均匀, 5 m × 5 m 格网的 g 值较之前增幅较小, 只比 10 m × 10 m 的增加了 0.98 个百分点。

2.2.5 2 m × 2 m 格网处理结果分析。2 m × 2 m 格网绿地统计排序见表 6, 对应的绿地分布洛伦茨曲线见图 9。

表 6 2 m × 2 m 格网绿地统计排序

Table 6 2 m × 2 m grid green space statistics ranking

组号 No.	方格数累计百分比 Accumulative percentage of grid number %	组内绿地方格数 Green space grid number within group	绿地方格累计数 Green space grid accumulated number	绿地方格累计百分比 Accumulative percentage of green space grid number %%
1	10	19	19	0.09
2	20	127	146	0.70
3	30	826	972	4.69
4	40	1 232	2 204	10.64
5	50	1 717	3 921	18.93
7	60	2 359	6 280	30.32
8	70	3 037	9 317	44.98
6	80	3 056	12 373	59.74
9	90	3 981	16 354	78.96
10	100	4 359	20 713	100

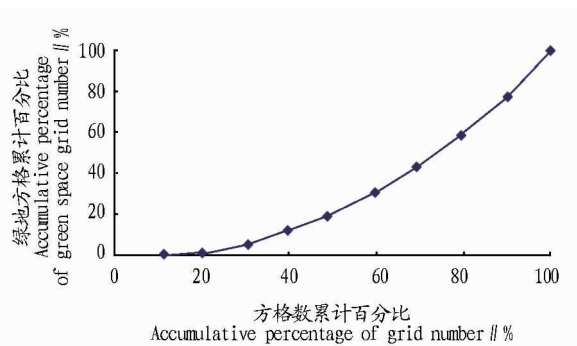


图 9 2 m × 2 m 格网绿地分布洛伦茨曲线

Fig. 9 Lorenz curve of 2 m × 2 m grid green space distribution

经过计算, 在 2 m × 2 m 格网中, $g = 1 - 2 \int_0^1 f(x) dx = 0.4100$, 指标量值在 [0.4, 0.5] 区间, 分布较为集中。在 2 m × 2 m 格网中, 根据区域面积和单元格网面积, 总的格网数分为 10 组较为合适, 每组格网数为 20 250 个。2 m × 2 m 格网的 g 值虽然只比 5 m × 5 m 格网增加了 1.13 个百分点, 增幅也较小, 但突破了新的一层阈值范围, 绿地分布从比较合理变为较为集中。

在 50 m × 50 m、40 m × 40 m、30 m × 30 m、25 m × 25 m、20 m × 20 m、15 m × 15 m、10 m × 10 m、8 m × 8 m、5 m × 5 m、4 m × 4 m 和 2 m × 2 m 总共 11 组数据中, 随着格网面积减小即格网精度增大, 其响应基尼系数增大, 即绿地分布更趋于集中。以格网精度作为自变量, 基尼系数作为因变量, 格网精度与基尼系数之间表现出线性关系, 见图 10。最佳拟合方程为: $y = -0.0021x + 0.4130, R = 0.9864, P < 0.01$ 。

该研究中, 统计每个分组中的绿地方格数量时, 只要绿地斑块落在网格内, 不管其所占面积比例大小, 均记为 1 个。

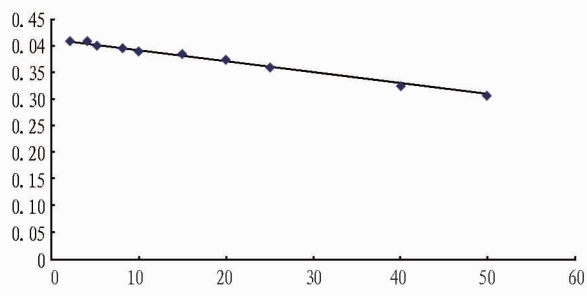


图10 网格精度与基尼系数线性关系

Fig. 10 Linear correlation between grid precision and gini coefficient

网格精度增大,网格总数和绿地方格数都分别增大,因绿地斑块形状多为不规则多边形,其边缘被小面积网格切割划得比大面积网格切割得更为均匀。在统计每个组绿地数量时,各个分组间的绿地方格数量差值相应增大,导致洛伦茨曲线中阴影面积与三角形OAB面积比值越大,从而绿地分布更为集中。

3 结论与讨论

(1) 运用洛伦茨曲线与基尼系数来定量分析,相对其他方法具有明显优势:洛伦茨曲线以图像的形式展示城市绿地分布,更加直观清晰;基尼系数通过洛伦茨曲线将城市绿地分布格局量化,不是以单个数值来评价结果,而是划定若干个阈值,通过将计算结果和阈值范围进行对比,来判断绿地分布均匀度,这样更加科学和人性化。因此运用此方法来分析城市绿地分布均匀度是比较合理的。

(2) 在GIS的网格面积大小选择时,分别尝试了2 m × 2 m、4 m × 4 m、5 m × 5 m、8 m × 8 m、10 m × 10 m、15 m × 15

m、20 m × 20 m、25 m × 25 m、30 m × 30 m、40 m × 40 m、50 m × 50 m规格,随着网格面积增加即网格精度减少,其响应基尼系数减小,即绿地分布更趋于均匀,可作为日后网格精度选取的依据。

(3) 该研究用30 m × 30 m网格来分析安顺市建成区绿地分布均匀度,求得 $g = 1 - 2 \int_0^1 f(x) dx = 0.23$,参考基尼系数的阈值标准,安顺市建成区公共绿地分布比较均匀。

参考文献

- [1] 苏泳娟,黄光庆,陈修治,等.城市绿地的生态环境效应研究进展[J].生态学报,2011,31(23):7187-7300.
- [2] 孔繁花,尹海伟,刘金勇,等.城市绿地降温效应研究进展与展望[J].生态学报,2013,28(1):173.
- [3] 陈颖彪,吴志峰,程炯,等.遥感与GIS支持下的城市绿地信息提取方法研究:以深圳市为例[J].生态环境,2004,13(3):362.
- [4] 余前,蔡槿.基于遥感和GIS的城市绿地自动识别系统[J].中山大学研究生学刊(自然科学、医学版),2006,26(1):47.
- [5] 陈惠兰,肖斌,舒斯红.基于多源遥感影像的城市绿化遥感测定研究[J].数字技术与应用,2014(7):96.
- [6] ROGAN J, FRANKLIN J, ROBERTS D A. A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using thematic mapper imagery[J]. Remote sensing of environment, 2002, 80:143-156.
- [7] 李立.基于RS和GIS的开封市城市绿地调查[J].封大学学报,2004,18(1):20.
- [8] 赵丽丽,赵云升,张建辉,等.基于ETM+的深圳市绿地信息提取方法研究[J].遥感技术与应用,2005,20(6):596-600.
- [9] 黄慧萍,吴炳方,李苗苗,等.高分辨率影像城市绿地快速提取技术与应用[J].遥感学报,2004,8(1):68.
- [10] 梁颢严,肖荣波,廖远涛.基于服务能力的公园绿地空间分布合理性评价[J].城市绿地系统,2010(9):15.
- [11] 俞孔坚,段铁武,李迪华,等.景观可达性作为衡量城市绿地系统功能指标的评价方法与案例[J].城市规划,1999(8):8-11,43.
- [12] 高祥伟,张志国,费鲜芸.城市公园绿地空间分布均匀度网格评价模型[J].南京林业大学学报(自然科学版),2013,37(6):8-11,96-100.
- [13] 金远.对城市绿地指标的分析[J].中国园林,2006(8):56-59.
- [14] 张朋飞.城镇园林绿地分布均匀状态量化指标研究:以河南省新郑市三镇为例[D].郑州:河南农业大学,2014:12-15.

(上接第215页)

- [7] 伍铁牛.中国传统风水的理论分析与现代思考[D].武汉:华中师范大学,2007.
- [8] 杨卡,张小林.风水理论中的地理思维[J].安徽农业科学,2006,34(11):2526-2527,2530. [9] 于希贤.中国风水地理的起源与发展初探[J].中国历史地理论丛,1990(4):83-95.
- [10] 李小波.中国古代风水模式的文化地理视野[J].人文地理,2001(6):64-68.
- [11] 刘沛林.风水模式的环境学解释[J].陕西师大学报(哲学社会科学版),1995(1):83-88.
- [12] 史箴,曾辉.“风水术”之生态学意蕴[J].西安建筑科技大学学报(社会科学版),2004(4):10-15.
- [13] 孙峰华,方创琳,王振波,等.中国风水地理哲学基础与天人关系[J].热带地理,2014(5):581-590.
- [14] 高承珊.风水——中国传统环境选择理论简析[J].燕山大学学报(哲学社会科学版),2006(3):117-120.
- [15] 于希贤.试论中西地理思想的差异及中国古代地理学的特点[J].云南地理环境研究,1993(1):7-14.
- [16] 任重.古代风水辨[J].周易研究,2006(4):85-86.
- [17] 季羨林.人文地理学和天人合一思想[C]//谢觉民.人文地理笔谈——自然、文化、人地关系.北京:科学出版社,1999:13-14.
- [18] 马宁.中国传统风水文化的伦理意蕴及当代价值[D].南京:南京林业大学,2012.
- [19] 王三北,韦宝畏.从风水的视角看古代人居环境的选择[J].西北师范大学学报(自然科学版),2005(2):77-82.
- [20] 谢北川.风水民俗的地理科学性探讨[D].重庆:西南大学,2014.
- [21] 孙天胜,徐登祥.风水——中国古代的聚落区位理论[J].人文地理,1996(S2):60-62.
- [22] 刘心武.中国的风水[M].北京:国际文化出版公司,1993.