

基于植被覆盖率的城市开放空间格局分异特征研究

——以大连市核心城区为例

张 妤^{1,2},曹福存²,黄磊昌²,周蕴薇¹,王俊夫³

(1. 东北林业大学 园林学院,黑龙江 哈尔滨 150040;2. 大连工业大学 艺术设计学院,辽宁 大连 116034;
3. 辽宁师范大学 城市与环境学院,辽宁 大连 116029)

摘 要:以大连市核心城区为研究对象,借助 eCognition9.0 和 ArcGIS 等分析工具,应用核密度和空间自相关理论定量探讨了城市开放空间及其植被覆盖率的格局与分布特征。结果表明,大连核心城区开放空间平均植被覆盖率为 71.83%,整体空间分布构成差异明显;开放空间及其植被覆盖率呈现出明显的聚集特征,奥林匹克广场、人民广场区域成为开放空间绝对聚集核心;开放空间植被覆盖率及各类型分布呈现出显著的空间正相关性($P<0.01$),4 类开放空间中只有公园呈现冷、热点聚集,其他均呈现热点聚集特征。经过分析,城市空间结构、空间类型与属性、地形地貌是影响城市开放空间分布格局重要因素,建议通过优化空间布局、差异化发展与多功能协同等手段进一步完善格局,提升功能。

关键词:开放空间;植被覆盖率;空间格局;大连;核心城区

中图分类号:S731.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2020)02-0252-08

Spatial Differentiation Pattern of Urban Open Space Vegetation Coverage
——A Case Study of Dalian Core Urban Area

ZHANG Yu^{1,2}, CAO Fu-cun², HUANG Lei-chang², ZHOU Yun-wei¹, WANG Jun-fu³

(1. College of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang, China;
2. School of Art & Design, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, Liaoning, China;
3. College of City and Environment, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China)

Abstract: Taking the core urban area of Dalian as the research object, the spatial pattern and distribution characteristics of urban open space and its vegetation coverage were discussed by using the methods of eCognition 9.0 and ArcGIS, the theory of kernel density and spatial autocorrelation. The results showed that the average vegetation coverage rate of the open space in the core urban area was 71.83%, and the overall spatial distribution was not balanced. The open space and its vegetation coverage showed obvious aggregation characteristics. Olympic Square and People's Square area had become the absolute gathering core of open space. The vegetation coverage of open space in Dalian's core urban area and the distribution of each type showed significant positive spatial correlation ($P<0.01$). Only parks showed cold and hot spot features, others showed hot spot features. Based on the analysis above, urban spatial structure, spatial types and attributes, topography features were important factors affecting open space distribution pattern. Suggestions were put forward from the aspects of spatial distribution optimization, differential development and multi-functional coordination to further improve the pattern distribution and function.

Key words: open space; vegetation coverage; spatial pattern; Dalian; core urban area

城市开放空间是指城市中任何少建筑的、具有生态环境、社会游憩、景观美学或人文内涵其中之一功能或价值的室外空间^[1]。多年来,在实践层面,开放空间与各类城市绿地概念相近,两者实则存在本质差别。在当下城乡一体化高速发展和生态文明建设的背景下,城市开放空间作为城市生态系统中兼具自然生物活性和再生机制的空间实体^[2],其在生态服务与修复、融合社会关系、土地与空间价值、文化表达等方面作用日渐突出,是实现城市空间与生态系统协同发展的重要内容。

植被作为开放空间下垫面的主要类型之一,由于其蒸散、蓄渗、降温等调节功能,是开放空间生态服务功能的重要保障。植被覆盖率是量化体现研究区植被覆盖情况的综合统计指标,一般由植被区面积和总面积之比得出^[3],对水文、生态、区域土地利用与环境变化等都具有重要意义^[4-6],近年来广受关注。卫星遥感技术是监测和估算城市与区域尺度植被覆盖情况的普遍手段,具有尺度大、时效性、快速便捷及长期性等优势。目前,利用遥感技术对于植被覆盖指数的研究多集中于城市空间扩展对植被覆盖变化的影响^[7-8]、地表温度与植被覆盖关系^[9]、植被覆盖时空演变趋势与驱动力^[10-11]、植被覆盖指数的监测与计算方法^[12]等方面,研究尺度普遍集中于城市、流域、区域、单一植被类型,针对城市开放空间及绿地等研究尚少。

通过遥感和 GIS 空间分析技术对城市开放空间中植被覆盖率进行提取和定量化分析,可以明晰城市开放空间分布格局及植被集聚特征,有利于进一步掌握两者之间的关系,从而为城市的协调发展与生态效益的有效发挥提供依据,对今后城镇化发展和生态环境保护具有重要的意义^[13]。结合当下城市开放空间研究中地理邻域关系研究较少的现象^[14],利用 eCognition9.0 和 ArcGIS 相结合的方法,以大连市核心城区为研究范围,提取城市开放空间与植被覆盖矢量化数据,通过核密度分析和空间相关性分析,基于植被覆盖率和不同开放空间类型揭示大连城市开放空间格局特征与集聚、扩散规律,从而挖掘其影响因素,为大连的城市空间发展与结构优化、开放空间调蓄水源等各项生态服务功能的有效发挥提供科学指导。

1 研究区概况

大连市地处辽东半岛南端,位于 38°43′—40°12′N,120°58′—123°31′E。东濒黄海,西临渤海,南

与山东半岛隔海相望,北倚辽阔的东北平原,基本地貌由中央高向东西两侧阶梯状降低,直至海滨,其中城市核心区以浑圆和缓的丘陵地貌为主,无明显走向。大连属暖温带半湿润大陆性季风气候,年平均降水量 600 mm 左右,早年多于涝年,属资源型缺水城市。全市土地总面积 12 573.85 km²,本研究以核心城区中山区、西岗区、沙河口区、甘井子 4 区为研究对象(图 1),研究区面积约 620.17 km²。



图 1 研究区域

Fig. 1 Study area location

2 研究方法

2.1 数据来源及预处理

通过水经注地图下载软件从 GOOGLE 地球服务器中下载得到 2018 年大连城市航空影像图,影像等级为 18 级,空间分辨率为 0.46 m/像素。在 ArcGIS 中首先对其进行空间配置和坐标系统一处理,之后参照国家住房和城乡建设部最新颁布的《城市绿地分类标准》(CJJ/T85-2017)及国内外开放空间的发展历程和规划类型,依据公园、广场及场地、街区、其他共享空间 4 种类型(表 1)对核心城区开放空间进行矢量化提取,建立开放空间属性数据库,依据开放空间类型对其位置、面积等进行属性赋值。

表 1 大连市核心城区开放空间分类

Table 1 Classification of open space in Dalian core area			
类型	内容与范围	数量 /个	面积 /hm ²
公园	综合公园、社区公园、专类公园、各类游园	85	8 631.96
广场及场地	各类休闲、集散、运动、康体场地及停车场	73	211.49
街区	商业街区、历史街区、街道共享空间	21	47.54
其他共享空间	各类用地附属绿地、绿道、景观林带、特色游憩区	460	2 708.53

2.2 植被覆盖率的计算

将大连城市航空影像图导入 eCognition9.0,首

先对植被、建筑物与道路进行标记分类,然后按照 1 m×1 m 精度进行自动识别并矢量化,将得到的矢量数据导入到 ArcMap 中,通过属性表筛选的方法删除植被类型以外的数据,将得到的植被数据按开放空间进行归类后融合即可得到各开放空间中对应的植被面数据,通过与对应的面状矢量开放空间数据进行连接即可计算得出每一个开放空间对应的植被覆盖率。

2.3 核密度分析

核密度估计法是一种用于估计分布密度函数的非参数方法^[15]。近年来,核密度分析工具广泛用于地理学的空间分析中,用于计算要素在其周围邻域中的密度,来模拟密度分布的连续化^[16-17]。首先对开放空间矢量化数据进行点图层的生成,然后进行带宽的选择。由于核密度分析中搜索半径的选择直接影响到结果趋势,带宽越大结果越宏观,越能表现整体趋势,带宽越小结果越细腻,越能显示局部细节。考虑研究区尺度,通过对 500~8 000 m 不同带宽下栅格核密度值进行比较试验,结合对开放空间各点要素间距的中位数计算,本研究选择 2 700 m 为搜索半径来探索核心城区开放空间整体及不同类型的空间分布特征。

2.4 空间自相关分析

空间自相关分析是用于衡量空间变量的分布是否具有集聚性,包含全局空间自相关和局部空间自相关两方面^[18]。本文选用全局自相关系数 Global Moran's *I* 和局部自相关系数 Getis-Ord *G_i** 进行统计分析。由于大连核心城区街道单元仅为 39 个,以街道为研究对象所构成的研究单元数量较少,接近空间自相关分析的最低单元数目阈值,采用格网法来划分研究单元。考虑到格网生成过程中与开放空间点要素可能产生的交叠,网格尺寸的选择在参考开放空间各点要素间距的中位数基础上,叠加开放空间平均直径,最终确定格网尺寸为 2 813 m 来创建网格,生成格网 220 个,以此为研究单元进行空间自相关性分析,进一步寻找开放空间分布特点与内在规律。

全局空间自相关着重刻画空间上的聚集状态和相关程度,而局部空间自相关则可判断出空间上的热点区域^[19]。计算公式如下:

全局空间自相关:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 (\sum_i \sum_j w_{ij})} \tag{1}$$

局部空间自相关:

$$G_i * = \sum_j W_{ij} x_j / \sum_j x_j \tag{2}$$

式中,*n* 是格网单元数量, $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$,*x_i* 和 *x_j* 分别表示单元 *i*、*j* 的观测值,(*x_i*− \bar{x})是第 *i* 个格网单元上的观测值与平均值的偏差,*w_{ij}* 是空间权重值^[20]。

3 结果与分析

3.1 核心城区开放空间及植被覆盖率分布构成

通过 GIS 矢量化手段,将提取后的开放空间、植被覆盖率与大连行政单元进行叠加,直观呈现大连市核心城区开放空间及植被覆盖率分布情况。截至 2018 年 9 月,大连核心城区开放空间总面积为 11 599. 53 hm²,斑块 639 个,平均植被覆盖率 71. 83%,整体植被覆盖情况较好。由图 2 可知,大连核心城区开放空间主要集中分布在中山区、西岗区、沙河口区,甘井子区面积广大但开放空间数量较少。面积方面,较大斑块的开放空间多分布于中山区与甘井子区丘陵地带,沙河口区、西岗区开放空间相对零散且尺度细小。植被覆盖率方面,依托自然山体与植物群落,西南与东南部开放空间植被覆盖率均较高,城市向北推移,地势趋于平坦,植被覆盖率亦逐渐减少。

不同类型的开放空间分布存在显著差异。研究区内公园面积总量最大,占比 74. 42%,但其他共享空间数量最多,占比 71. 99%,占据绝对优势。分布方面,公园分布最广,遍布核心城区,较为均匀,广场、街区与其他共享空间主要集中于中山区、沙河口区、西岗区与人口相对稠密的甘井子区东部。植被覆盖方面,公园、广场、街区与其他共享空间 4 种类型的平均植被覆盖率分别为 74. 57%、56. 17%、32. 89%、75. 59%,空间属性决定公园、其他共享空间植被覆盖率普遍较高。总体而言,大连核心城区开放空间及其植被覆盖分布受地形条件、经济发展与政策引导等因素影响较大,分布尚不均衡,中、西、沙 3 个经济发达的老城区开放空间相对完善,甘井子区还存在相当大的发展潜力与空间。

3.2 基于核密度分析的核心城区开放空间分布特征

3.2.1 整体开放空间核密度分布特征 由图 3 可知,大连核心城区开放空间分布以奥林匹克广场、人民广场区域为聚集中心,逐步向东、西、北部 3 个方向延续扩展,东至港湾广场,西至小平岛,北至机场,城市开放空间分布连续且特征结构明显。其中,中山路、人民路、疏港路作为贯穿城市东西、南北的景观路线,沿线开放空间分布密集,形成 Y 字形的高度聚集模式。学苑广场、高新万达、泉水区域人口密

集,形成外围分组团中心,其中泉水街道作为大连新兴高密度社区,东快路、振兴路等 5 条城市主干道穿境而过,使其成为城市新的交通枢纽与走廊,并配置大量开放空间,是城市北部开放空间新组团。

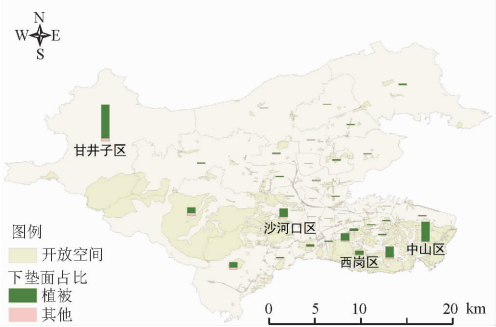


图 2 开放空间及植被覆盖率分布

Fig. 2 Distribution of the open space and vegetation coverage

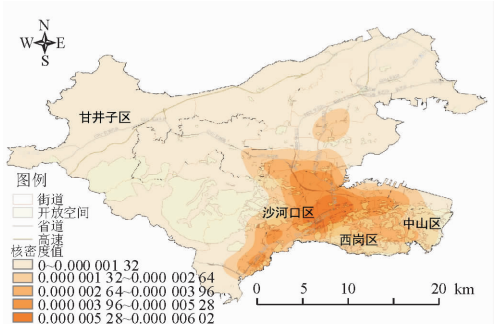


图 3 开放空间整体核密度

Fig. 3 Open space kernel density distribution

植被覆盖率方面,由图 4 可见,整体聚集趋势与空间分布趋同,奥林匹克广场、人民广场区域成为高植被覆盖的绝对空间分布中心,人工生态发达,且核心结构更为突出,优势明显。中山区、西岗区、沙河口 3 区大部分区域都为较高植被覆盖空间,辐射范围广大,且围绕此区域逐步扩散,椒金山山体公园、老虎滩海洋公园区域也是植被覆盖较高的区域。

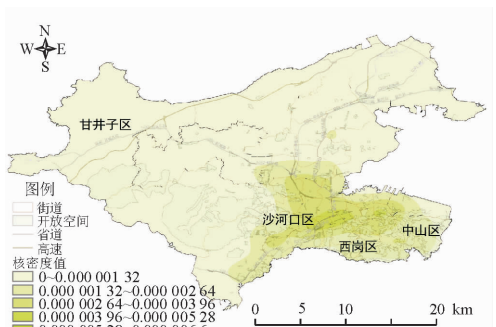


图 4 开放空间植被覆盖率整体核密度

Fig. 4 Kernel density distribution of vegetation coverage in the open space

3.2.2 不同类型开放空间核密度分布特征 由于城市发展、自然地理条件、规划政策引导以及空间功

能等因素的共同作用,不同类型的开放空间在分布和集聚上存在差异。通过对不同类型开放空间及其植被覆盖率分布分别进行核密度分析,进一步探索不同功能与类型的城市开放空间的分布特征。

图 5 显示公园的分布以南部劳动公园、森林动物园、英雄纪念公园、植物园等形成的组团及中北部椒金山山体公园、甘井子公园、水池山公园、金家街公园等组成的组团为主中心,在富民公园、夏家河子海滨公园、金龙寺公园及北部前关湿地公园附近有零星组团。植被覆盖率方面,公园高植被覆盖区、空间分布中心与零星组团位置基本重合,但范围不及空间分布广泛,尤其中西部地区缩减范围较大。

图 6 显示广场及各类场地分布以中山广场、友好广场、火车站广场为绝对核心,辐射区域主要集中于沙河口全区与西岗区、中山区北部,城区西北部的甘井子区政府周边、南部小平岛有零星广场组团。植被覆盖率方面,植被覆盖率较高的开放空间都集中于城市中东部的中山广场附近,形成单一的分布中心。

图 7 显示街区主要集中在经济较为发达的城市中部香炉礁、火车站及中山广场附近。华南地区、甘井子万达附近有零星分布中心。街区的植被覆盖率均相对较低,民主广场附近的街区植被覆盖情况相对较好。

图 8 显示其他共享空间以沙河口区大部分区域为中心向东及西南部区域逐步递减,八一路、泉水街道附近有零星组团。植被覆盖率方面情况与空间分布特征接近,范围也不及空间分布广泛,高植被覆盖区域主要集中于沙河口区、西岗区与中心区中部。

3.3 基于植被覆盖率的开放空间自相关格局

以创建的 220 个格网为研究单元,以开放空间植被覆盖率为统计字段,测算大连市核心城区开放空间植被覆盖情况的全局空间自相关 Global Moran's *I* 和局部空间自相关 Getis-Ord *G_i**,从而描述城市开放空间植被覆盖率分布的全局和局部空间关联特征。

3.3.1 基于植被覆盖率的开放空间整体空间格局

由表 2 可知,全局自相关指数为 0.114 304,总体而言,大连城市开放空间植被覆盖率呈现显著的正相关状态。99%的置信度下 *z* 得分 2.844 877,表现出了明显的聚集特征。4 类空间类型也均表现出显著的正相关状态,形成高度的聚集。其中,其他共享空间的 Moran's *I* 指数最高为 0.615 487,表现出最显著的关联特征,其次为广场及各类场地(0.419 168),街区与公园相对较低(0.331 376 与 0.289 349)。4 种空间类型的 *z* 得分为公园 5.222 229、广场及其他

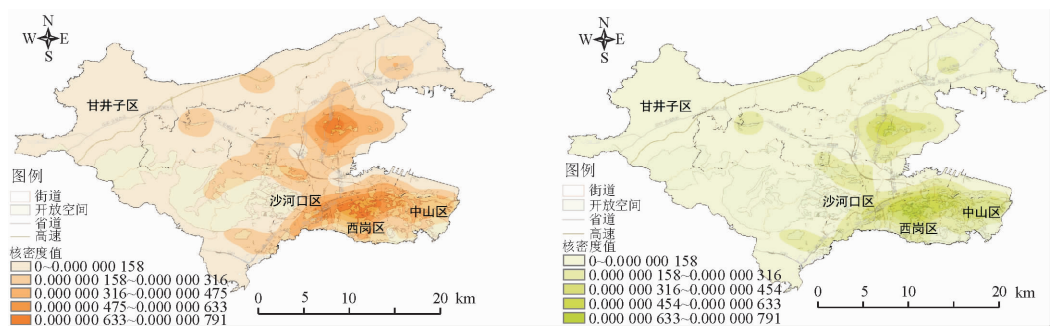


图 5 城市公园及其植被覆盖率核密度

Fig. 5 Kernel density distribution of the parks and corresponding vegetation coverage

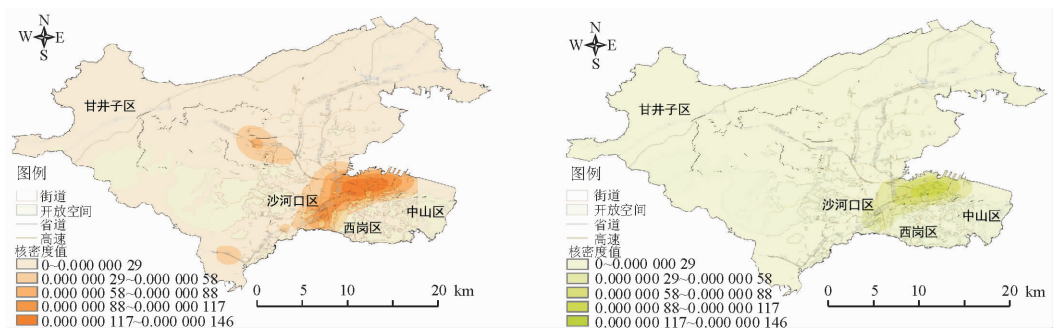


图 6 广场、各类场地及其植被覆盖率核密度

Fig. 6 Kernel density distribution of the squares and corresponding vegetation coverage

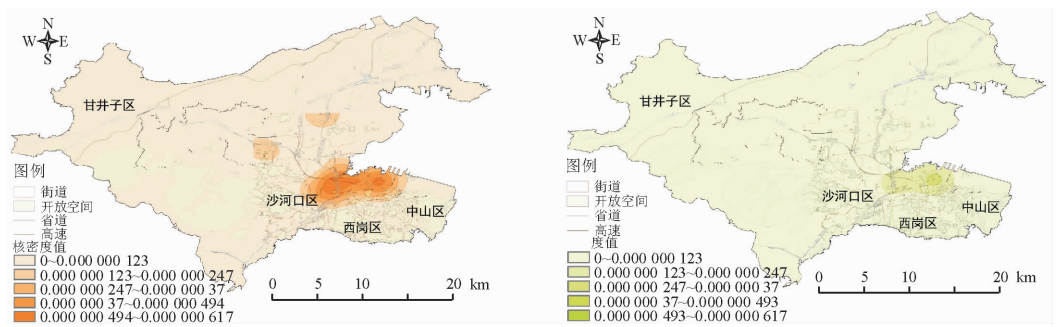


图 7 街区及其植被覆盖率核密度

Fig. 7 Kernel density distribution of the streets and corresponding vegetation coverage

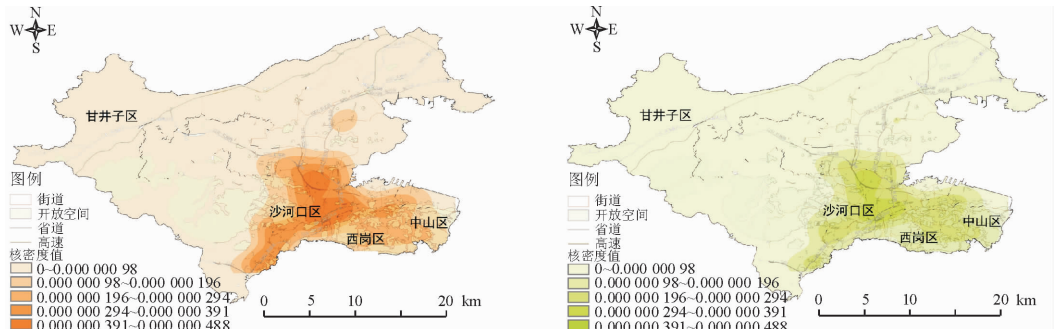


图 8 其他共享空间及其植被覆盖率核密度

Fig. 8 Kernel density distribution of the other open space and corresponding vegetation coverage

表 2 基于植被覆盖率的开放空间全局自相关指数

Table 2 Global autocorrelation index of open space based on vegetation coverage

研究单元	统计字段	总体 Moran'I 指数	总体 z 得分	类别	Moran'I 指数	z 得分	相关性
2 813 m×2 813 m 格网	平均植被覆盖率	0.114 304	2.844 877	公园	0.289 349	5.222 229	空间正相关
				广场	0.419 168	7.612 244	空间正相关
				街区	0.331 376	6.594 745	空间正相关
				其他	0.615 487	10.972 244	空间正相关

注:z 得分为标准差的倍数。

场地 7.612 244、街区 6.594 745、其他共享空间 10.972 244,聚集程度最为明显。

3.3.2 基于植被覆盖率的开放空间局部自相关格局

分别计算研究单元内的 Getis-Ord G_i^* 指数,结合 ArcGIS 进行制图表达,得到大连核心城区开放空间植被覆盖率的局部自相关“热点区”和“冷点区”分布图(图 9)。不同颜色代表不同聚集类别,红色代表“高-高”的热点聚集,表明该单元内开放空间与周边地块开放空间植被覆盖率值均较高,蓝色代表“低-低”冷点聚集,表明该单元内开放空间与周边地块开放空间植被覆盖率值均较低,浅蓝色、浅红色则分别代表“低-高”次冷点和“高-低”次热点,表明该单元内开放空间与周边地块开放空间植被覆盖率值差异较大的区域,白色地块则无显著的相关特

征^[19,21]。

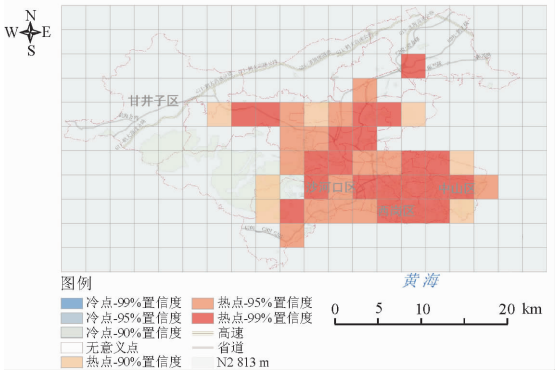


图 9 开放空间植被覆盖率局部空间自相关格局

Fig. 9 Local spatial autocorrelation patterns of vegetation coverage in open space

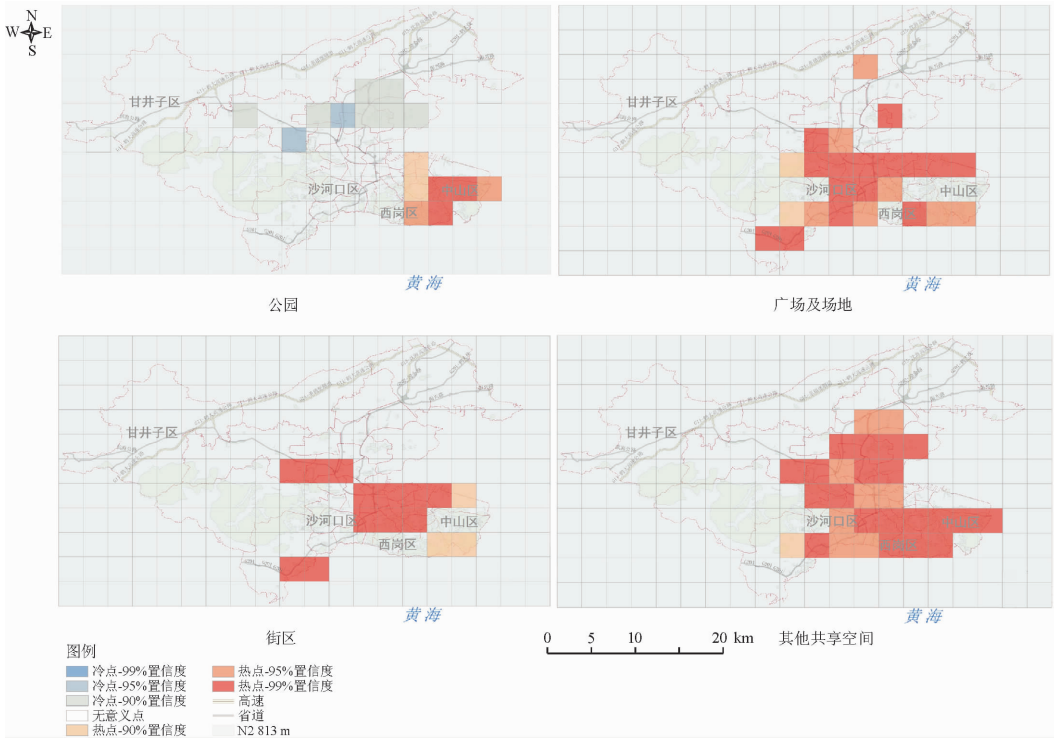


图 10 不同类型开放空间植被覆盖率局部空间自相关格局

Fig. 10 Local spatial autocorrelation patterns of vegetation coverage in different types of open space

总体而言,开放空间植被覆盖率局部自相关呈现热点聚集状态(图 9)。从图 9 可见,整个核心城区形成 21 个热点区。热点区主要位于南部中山区、西岗区大部分地区,包括老虎滩街道、人民路街道、青泥洼桥街道、八一路街道、白云街道、人民广场街道、香炉礁街道,沙河口区 的马兰街道、兴工街道、南

沙街、春柳街道以及甘井子区的椒金山街道、辛寨子街道、凌水街道局部及北部大连湾街道,植被覆盖均在 70%以上,都为人口稠密、经济较为发达地区。

从图 10 可见,公园呈现显著热点、冷点集聚,且距离较远。热点区以城市南部为主,主要以老虎滩街道、葵英街道、桃源街道为中心,冷点区主要位于城市北部,甘井子区的辛寨子街道东部、泡崖街道东部区域。广场及场地呈现显著热点集聚。热点区以沙河口、中山区、西岗区为组团核心,15 个显著热点中有 7 个在城市中部呈水平方向分布,从马兰街道一直延伸到人民路街道。除此之外,北部的椒金山街道与甘井子街道交界区也有热点区分布。街区呈现热点集聚。热点主要集中于城市中、南部,呈水平格局。12 个热点区中核心分布在春柳街道、兴工街道到人民路街道的水平方向,还有新寨子街道、机场街道到周水子街道的水平方向及南部的凌水街道。其他共享空间呈现热点集聚。热点区集中于城市东部的大部分区域,包括南部的老虎滩街道、葵英街道、桃源街道、八一路街道、白云街道、人民广场街道、白云街道、黑石礁街道及北部的辛寨子街道、机场前街道、周水子街道、椒金山街道、甘井子街道等,涉及到的区域较多。通过以上分析可知,多数类型开放空间植被覆盖率呈现明显的热点集聚特征,热点区域多集中城市东南部核心区域和中北部经济较为发达地区,这些区域也是人口密集,城市基础设施相对完备,自然与人工生态建设较好区域。

4 结论与讨论

大连市核心城区开放空间及植被覆盖率分布构成差异明显。中山区、西岗区、沙河口区开放空间密度最大,沿海及多山区域开放空间植被覆盖率普遍较高。不同类型开放空间中,公园面积总量最大,分布最广;其他共享空间数量最多,植被覆盖率最高。开放空间及其植被覆盖率均呈现出明显的聚集特征。奥林匹克广场、人民广场区域成为绝对聚集核心。公园的分布及植被覆盖率聚集程度最强,呈现多组团中心。核心城区开放空间植被覆盖率及各类型分布均呈现出显著的空间相关性,其他共享空间和广场的空间关联特征与聚集性最强。整个核心城区开放空间植被覆盖率呈现热点聚集状态。4 类开放空间中只有公园呈现冷、热点聚集,其他都呈现热点聚集特征。

经分析发现,大连核心城区开放空间的分布受城市空间结构及城市化进程影响显著。随着新一轮城市化,位于城市西、北部的城市副中心已初显端倪,城市开放空间等绿色基础设施的补给需要尽快

协同完善。开放空间的类型与属性是影响其构成与分布的重要因子。4 类开放空间中,城市公园建设分布最为均衡,是开放空间构成的绝对核心。广场与街区的分布多毗邻人口密集区,植被覆盖率均较低。街头绿地等其他共享空间数量多且尺度小,但植被覆盖度较高。地形地貌是造成开放空间植物覆盖率存在明显空间相关性的主要原因。依托自然地形地貌,开放空间植被覆盖率受天然植被资源导向性明显,所呈现的热点聚集区域多集中于沿海多山丘陵地区。

针对大连核心城区开放空间分布关系特征及现存的问题,提出以下对策建议:1)优化空间布局。有机疏散城市各类功能空间,重点建设与开发城市西、北部兼具生态、社会属性的开放空间,满足人群增长带来的空间需求,促进城市均衡发展。2)差异化发展模式。客观看待城市南、北部开放空间分布势差距。注重发挥南部高聚集区的引领示范优势,通过政策引导和技术扶持,稳步提升北部基础较弱区域的空间功能,缩小与南部差距。3)多功能协同发展。针对城市雨洪、热岛效应等实际问题,统筹城市景观规划与生态系统工程建设,进一步提高广场和街区的植被比重,高效利用自然植被资源的生态修复功能,维护城市生态安全,提升社会服务价值,着力实现城市开放空间的可持续发展。

参考文献:

[1] 江海燕,伍雯晶,蔡云楠. 开放空间的概念界定和分类[J]. 城市发展研究,2016,23(4):21-26.
JIANG H Y, WU W J, CAI Y N. Definition and classification of open space[J]. Urban Development Studies, 2016, 23(4): 21-26. (in Chinese)

[2] 王晓俊,王建国. 关于城市开放空间优先的思考[J]. 中国园林, 2007, 23(3): 53-56.
WANG X J, WANG J G. On the priority of urban open space [J]. Chinese Landscape Architecture, 2007, 23(3): 53-56. (in Chinese)

[3] 白丹丹. 基于 MODIS 数据的北京市绿色植被覆盖度监测与分析[J]. 环境与可持续发展, 2018, 43(4): 131-135.
BAI D D. Monitoring and analysis on green vegetation coverage in Beijing based on MODIS data [J]. Environment and Sustainable Development, 2018, 43(4): 131-135. (in Chinese)

[4] YIN J, ZHAN X, ZHENG Y, *et al.* Improving Noah land surface model performance using near real time surface albedo and green vegetation fractions[J]. Agricultural & Forest Meteorology, 2016, 218-219: 171-183.

[5] 刘文剑,张会兰,王玉杰,等. 模拟植被地表覆盖率和粗糙度对坡面流水动力特性的影响[J]. 水土保持学报, 2017, 31(6): 1-7. (in Chinese)
LIU W J, ZHANG H L, WANG Y J, *et al.* Effect of simulate vegetation coverage and surface roughness on hydrodynamics

of overland flows[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2017, 31(6): 1-7. (in Chinese)

[6] 金晓媚,刘金韬,夏薇. 柴达木盆地乌图美仁区植被覆盖率变化及其与地下水的关系[J]. 地学前缘, 2014, 21(4): 100-106. JIN X M, LIU J T, XIA W. Variation of vegetation coverage and its relationship with groundwater in Wutumeiren area of Qaidam Basin[J]. Earth science Frontier, 2014, 21(4): 100-106. (in Chinese)

[7] 王静,周伟奇,许开鹏,等. 京津冀地区城市化对植被覆盖度及景观格局的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(21): 7019-7029. WANG J, ZHOU W Q, XU K P, *et al.* Spatiotemporal pattern of vegetation cover and its relationship with urbanization in Beijing-Tianjin-Hebei megaregion from 2000 to 2010[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(21): 7019-7029. (in Chinese)

[8] 林欣,张贵,李建军. 莆田市城市空间扩展及其对植被覆盖变化的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(4): 66-71. LIN X, ZHANG G, LI J J. Urban spatial expansion and its impact on vegetation cover change in Putian city[J]. Journal of Central South University of Forestry &. Technology, 2019, 39(4): 66-71. (in Chinese)

[9] 高尚,沙晋明,帅晨. 厦门市地表温度与植被覆盖关系定量研究[J]. 福建师范大学学报:自然科学版, 2019, 35(2): 14-21. GAO S, SHA J M, SHUAI C. Quantitative study on the relationship between land surface temperature and vegetation cover in Xiamen city[J]. Journal of Fujian Normal University: Natural Science Edition, 2019, 35(2): 14-21. (in Chinese)

[10] 赵丽红,王屏,欧阳勋志,等. 南昌市植被覆盖度时空演变及其对非气候因素的响应[J]. 生态学报, 2016, 36(12): 3723-3733. ZHAO L H, WANG P, OUYANG X Z, *et al.* An analysis of the spatio-temporal variation in fractional vegetation cover and its relationship with non-climate factors in Nanchang city, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(12): 3723-3733. (in Chinese)

[11] 潘霞,廖里平,高永,等. 阿拉善高原植被覆盖动态监测与驱动因素分析[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(6): 188-196. PAN X, LIAO L P, GAO Y, *et al.* Spatial-temporal changes and driving factors of vegetation coverage in the Alxa Plateau from 2000 to 2015[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2018, 33(6): 188-196. (in Chinese)

[12] 陈虹兵,黄贝贝,彭道黎. 基于混合像元分解的植被覆盖度模型比较研究[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(3): 203-207, 265. CHEN H B, HUANG B B, PENG D L. Comparison of pixel decomposition models for the estimation of fractional vegetation coverage[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2018, 33(3): 203-207, 265. (in Chinese)

[13] 王涛,李贝贝,裴春营. 植被 NDVI 对城市扩展及气候变化的响应——以西安及其附近区域为例[J]. 干旱区地理, 2017, 40(2): 388-396. WANG T, LI B B, PEI C Y. Impact of urban expansion and climate change on vegetation NDVI: a case of Xi'an city and its nearby area[J]. Arid Land Geography, 2017, 40(2): 388-396. (in Chinese)

[14] 刘志强,王俊帝,邵大伟,等. 中国省域建成区绿地率空间格局演变分析[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(1): 267-272. LIU Z Q, WANG J D, SHAO D W, *et al.* Spatial pattern evolution of provincial green rate of built district in China[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2019, 34(1): 267-272. (in Chinese)

[15] 康璟瑶,章锦河,胡欢,等. 中国传统村落空间分布特征分析[J]. 地理科学进展, 2016, 35(7): 839-850. KANG J Y, ZHANG J H, HU H, *et al.* Analysis on the spatial distribution characteristics of Chinese traditional villages[J]. Progress in Geography, 2016, 35(7): 839-850. (in Chinese)

[16] 杨子江,何雄,隋心,等. 基于 POI 的城市中心空间演变分析——以昆明市主城区为例[J]. 城市发展研究, 2019, 26(2): 31-35. YANG Z J, HEX, SUI X, *et al.* Analysis of the evolution of urban center space based on POI: a case study of main area in Kunming[J]. Urban Development Studies, 2019, 26(2): 31-35. (in Chinese)

[17] 杨乃,李洋,黄远林. 美国 GIS 相关学术科研单位空间分布特征分析[J]. 测绘科学, 2019, 44(4): 188-195. YANG N, LI Y, HUANG Y L. Spatial distribution characteristics analysis of GIS related academic research institutes in the USA[J]. Science of Surveying and Mapping, 2019, 44(4): 188-195. (in Chinese)

[18] 雷金睿,陈宗铸,吴庭天,等. 海南岛东北部土地利用与生态系统服务价值空间自相关格局分析[J]. 生态学报, 2019, 39(7): 2366-2377. LEI J R, CHEN Z Z, WU T T, *et al.* Spatial autorelation pattern analysis of land use and the value of ecosystem services in northeast Hainan island[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(7): 2366-2377. (in Chinese)

[19] 邵大伟,吴殿鸣,刘志强. 绿地与居住用地演进的空间相关性研究——以南京主城区为例[J]. 中国园林, 2017, 33(12): 64-69. SHAO D W, WU D M, LIU Z Q. Spatial correlation of green space and residential land evolution in the central city of Nanjing[J]. Chinese Landscape Architecture, 2017, 33(12): 64-69. (in Chinese)

[20] 杜婉婷,李淑杰,曹竞文,等. 多尺度下的珲春市耕地质量空间自相关分析[J]. 东北师大学报:自然科学版, 2018, 50(4): 134-141. DU W T, LI S J, CAO J W, *et al.* Study on spatial auto-correlation of quality of cropland under multy-scales in Hunchun city[J]. Journal of Northeast Normal University: Natural Science Edition, 2018, 50(4): 134-141. (in Chinese)

[21] 吴殿鸣,邵大伟,刘志强,等. 不同尺度公园绿地与住房价格的空间分布关系研究——以苏州中心城区为例[J]. 中国园林, 2018, 34(11): 113-118. WU D M, SHAO D W, LIU Z Q, *et al.* The relationship of spatial distribution between multi-scale park green space and housing prices: a case study of the central city of Suzhou[J]. Chinese Landscape Architecture, 2018, 34(11): 113-118. (in Chinese)