

应用哈夫模型的慈溪市观海卫镇绿地布局分析

陈 姝, 蒋文伟, 王 媛

(浙江农林大学 风景园林与建筑学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 应用哈夫模型和地理信息系统(GIS)技术, 结合道路网络、绿地面积、人口分布等数据, 计算城镇绿地和出行点之间的吸引力数值, 研究绿地空间布局、服务能力及与城镇居民需求关系。研究表明: 浙江省慈溪市观海卫镇域绿地分布不均衡, 多集中于中西部, 绿地数量多而面积小, 其服务范围和期望到访的游人数量较多; 镇域南部为风景区绿地, 数量少而面积大, 其服务范围和期望到访的游人数量较少; 镇域北部绿地资源匮乏。基于哈夫模型与GIS网络分析技术的绿地系统研究, 定量地分析了城镇绿地空间要素组成与结构, 可以有效地优化城镇绿地系统布局, 最大程度地发挥城镇绿地生态维护功能。图4表2参34

关键词: 园林学; 哈夫模型; 地理信息系统(GIS); 绿地布局; 观海卫镇

中图分类号: S731.2 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2013)06-0887-09

Huff Model used for green space layout of Guanhaiwei Town, Zhejiang, China

CHEN Shu, JIANG Wenwei, WANG Yuan

(School of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: For scientific planning green space layout, application of the Huff Model and GIS techniques combined with traffic networks, green land areas, and population distribution of Guanhaiwei Town in Zhejiang, the affinity value between green land position and departure point of visitors was calculated. Also, green land spatial patterns, service capability, and relationships with residential requirements were studied. Based on the Huff Model and with the help of network analysis functions, the green land layout scenario was used to quantitatively analyze composition and structure of the green land spatial element and to optimize the green land layout. Results showed that green land distribution was uneven being concentrated mostly in the middle-west part of the town where the green land count was large, however the area was small, and the serving scope and expected number of visitors were greater. In the south, there were a small number of natural landscape zones, but their area was large with service scope and expected number of visitors being limited. In the north, there were fewer green land resources. Based on the Huff Model by the help of network analysis function, the composition and structure of the urban green land spatial element could be analyzed quantitatively to optimize the green land system layout and maximize the ecological protection function of green land in Guanhaiwei Town. [Ch, 4 fig. 2 tab. 34 ref.]

Key words: landscape architecture; Huff Model; GIS; green land layout; Guanhaiwei Town

有关城市绿地面积、数量、规划设计、空间布局等研究关系到居民生活环境质量和日常游憩活动的开展^[1]。相关绿地系统的研究方向基本涉及四大层面^[2]: 生态、游憩和可达性等理论层面^[3-6], 规划、结构和指标等操作层面^[7-8], 功能、效益和园林景观等评估层面^[9-11], 以及计算机技术、3S技术(遥感技术、地理信

收稿日期: 2012-12-02; 修回日期: 2013-03-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30972342)

作者简介: 陈姝, 从事风景园林规划与设计研究。E-mail: 165292464@qq.com。通信作者: 蒋文伟, 副教授, 博士, 从事城市生态学与景观生态学研究。E-mail: wenweijiang@zafu.edu.cn

息系统、全球定位系统)和理论模型等方法层面^[12-15]。上述各层面研究密不可分,相互交叉、渗透和影响。如3S技术的发展深化了可达性理论及其应用范围,可达性指标也被引入公共设施布局评价,特别是城市绿地系统评价,现已成为国内外研究的热点问题^[16-18]。目前,研究绿地吸引居民能力,即绿地大小、位置或游憩质量等因素对居民的吸引力的相关文献较少。其原因在于进行可达性研究中,计算绿地吸引力的方法存在着一定的缺陷^[19]。国内外相关研究多采用引力模型^[20-24]、重力模型^[25]等研究城市公园绿地,具体操作时采用时间成本和距离成本进行计算。虽有考虑人口因素,但仅是参考而未作为重要指标引入,其在绿地系统整个相关研究中较少,其对绿地布局的重要性也被忽视。由于立地环境和监测数据的不同,操作手段和研究结果都有所差异,其研究也不具有代表性和普遍性。哈夫模型由戴维·哈夫(David Huff)于1963年创立,将原有的引力模型加以完善^[26-27],它广泛应用于城市商业服务区划界、商业设施定位、商业网点规划、消费者行为空间的预测等方面^[28-29]。近年来,先后有学者将哈夫模型引入到绿地系统优化设计等^[30-32],模型应用方便,解决问题的实用性较强。本研究以慈溪市观海卫镇绿地为例,基于哈夫模型的引入,运用地理信息系统(GIS)技术对试验区绿地大小、路网分布、出行点分布位置和人口数据,采用直观方式定量地分析辖区绿地分布,明确绿地的服务范围和估算吸引到访人数期望值等,并结合操作层面对试验区存在问题进行分析研究,为规划提出科学合理的布局建议。在整个研究过程中,尽可能结合绿地系统研究的四大层面,尝试为绿地系统布局研究提供新的技术途径。

1 研究地概况

浙江省慈溪市观海卫镇位于慈溪市中东部,西距中心城区16 km,东距宁波市区44 km,北与上海市隔海相望。杭州湾跨海大桥及其连接线绕镇穿城,329国道横贯全境,交通便捷。2001年10月经镇级行政区划调整,由原观城、师桥、鸣鹤三镇合并而成,镇域面积146 km²,下辖40个行政村,2个社区,8个居委,集聚人口为20.5万。其中,常住人口12.3万,外来人口8.2万,是国家小城镇建设示范镇、浙江省小城镇综合改革试点,宁波市卫星小城市。观海卫镇域林地面积为3 477 hm²,森林覆盖率21.34%,林木绿化率22.25%。森林主要分布于镇域南部山区,有阔叶林、针阔混交林、针叶林、竹林和经济林等,经济林以水果林为主。镇域中部平原地区多为人工植被,主要为蔬菜、农作物及零星苗圃地。镇域北部沿海地区植被稀少,自然植被主要为禾本科 Gramineae,菊科 Compositae,碱蓬 *Suaeda glauca* 等植物。观海卫镇历史悠久,古迹众多,有浙东最古老的寺院五磊寺、南朝的金仙寺、明朝的古卫城,以及1 200多年历史的鸣鹤古建筑等,是全国著名的“四大名卫”(通常指明朝天津卫、威海卫、金山卫和观海卫)之一。

2 研究方法

哈夫模型是考虑城市道路网络的随机概率重力学模型,随机概率定义为目标绿地的吸引力与同类所有绿地吸引力之和的比值。当面临多种选择时,做出选择行为视为随机,选择的概率与对绿地的认知程度成正比,在没有其他选择存在时,对任何目标绿地的选择都不唯一。该模型的优势是能方便地计算出相对于某目标绿地的远处居民对其访问的比例;同时也易于计算出某目标绿地周围的居民访问城市内其他绿地的比例。该模型用作城市绿地系统分析的工具,是通过模型的计算结果来反映公园绿地、广场等城市绿地设施的吸引力、服务供应能力、居民对设施的需求,最终评价城市现有绿地系统各项设施的整体功能,从而为绿地系统的优化设计提供依据^[30]。基于哈夫模型的城市绿地系统分析计算分5个步骤:①计算绿地设施的吸引力指数 A_{ij} :

$$A_{ij} = \frac{M_j}{D_{ij}^\lambda} \quad (1)$$

式(1)中: A_{ij} 为绿地设施 j 对各街道出行点 i 的吸引力, M_j 为绿地设施 j 的尺寸, D_{ij} 为出行点 i 到绿地设施 j 的距离阻力, λ 是摩擦系数,取值1.5^[31]。②计算居民访问绿地设施的吸引力概率 P_{ij} :

$$P_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_{ij}} \quad (2)$$

式(2)中： P_{ij} 为各街道出行点*i*访问绿地设施*j*的概率， n 为绿地斑块的总数。③计算绿地设施的预期访问量 E_j ：

$$E_j = \sum_{i=1}^n (P_{ij} B_i) \quad (3)$$

式(3)中： E_j 为绿地设施*j*的预期访问量， B_i 为各街道出行点*i*处的人口数目， m 为出行点总数。④计算出行点到所有绿地的平均时间 T_i ：

$$T_i = \sum_{j=1}^n (P_{ij} d_{ij}) \quad (4)$$

式(4)中： T_i 表示从出行点*i*到绿地设施*j*的平均交通时间， d_{ij} 为从出行点到绿地设施*j*的出行时间成本。计算出行点*i*到所有绿地的平均时间，并添加到出行点属性表中，方便制图。⑤计算绿地设施的服务半径 R_j ：

$$R_j = \frac{\sum_{i=1}^m (B_i P_{ij} D_{ij})}{\sum_{i=1}^m (B_i P_{ij})} \quad (5)$$

式(5)中： R_j 为绿地设施*j*的服务范围半径， D_{ij} 是距离，即出行点*i*到绿地设施*j*的最短路网距离。

3 结果与分析

3.1 数据来源与处理

本研究以宁波市慈溪市2009年高空间分辨率航空影像(1:5 000)为主要数据源，结合土地利用现状图，相关部门的现状调查资料作为空间信息提取的基本信息源。计算与分析所涉及的数据，主要包括现状绿地数据、分等级路网数据和城镇范围数据。由于数据来源不同，坐标系统不一致，因此，首先进行数据配准，转到同一坐标系中，建立绿地服务能力和空间自相关性计算所需的空间数据库。

3.1.1 数据准备 应用SPOT(systeme probatoire d'observation dela tarre)卫星影像、慈溪市森林资源二类调查的ERIS的shape格式文件作为基础数据源，结合RS(remote sensing, 遥感)、GIS技术等完成影像数据资料的几何校正及投影转换。本研究使用2009年慈溪市高空间分辨率航空影像(1:5 000)，利用ENVI(environment for visualizing images)软件进行观海卫镇镇域的切割提取，并将镇域绿地分别提取出来进行制作专题图(图1)，使用2009年慈溪市地形矢量图作为基础数据，进行要素的切割，提取与编辑。

3.1.2 要素提取 采用ArcGis 9.3软件对观海卫镇航空影像进行目视解译和场地踏查，提取面积不小于1 hm²的可供居民游憩的连续性绿地斑块^[30](含公园、广场、草坪、风景区等)形成绿地多边形图层，并提取各绿地的中心点作为到达目的点，观海卫镇镇域可供游憩绿地数量较少，不小于1 hm²绿地仅有24处，北部沿海滩涂几乎没有可供游憩的绿地；现状路网构成的地块，由于路网分布不规则，促使地块大小及地块中心点到最近路网距离变化较大。为了消除不规则地块大小之间的差异，本研究以2 km × 2 km网格单元划分试验区范围，提取每一个网格单元中心作为出行样本点，并对区域内全部道路图层进行剪切，得到观海卫镇研究范围内所需道路图层。由于出行点和吸引点并不完全在路网结点上，因此，必须构建辅助线，赋予相应长度属性，与道路图层合并，融合的道路图层进行断点处理，并生成网络分析所需的网络道路数据。将处理后的绿地点、道路和出行点合并形成可供GIS网络分析的拓扑关系数据(图2)。

3.1.3 网络分析 在计算距离时间成本的过程中，许多研究者采用栅格数据^[33]计算或网络分析中OD Cost Matrix命令^[25]计算，而本研究应用ArcGIS 9.3的Network Analyst扩展模块中的New Rout命令，得到每个出行点到达各个绿地的最佳路径，导出每条最佳路径的矢量线图层，并将每个出行点得到的单个道路图层进行合并。属性表中即生成符合实际出行的最短距离成本。因道路数据单一且基本是以普通道路为主，速度统一设定为30 km·h⁻¹，计算出行时间，形成距离或时间的二维表(表1)。

3.1.4 模型运算 采用绿地面积、距离制表和出行点人口数据^[34]，运用2研究方法中哈夫模型式(3)(4)(5)的运算，完成专题制表(表2)和制图(图3)。

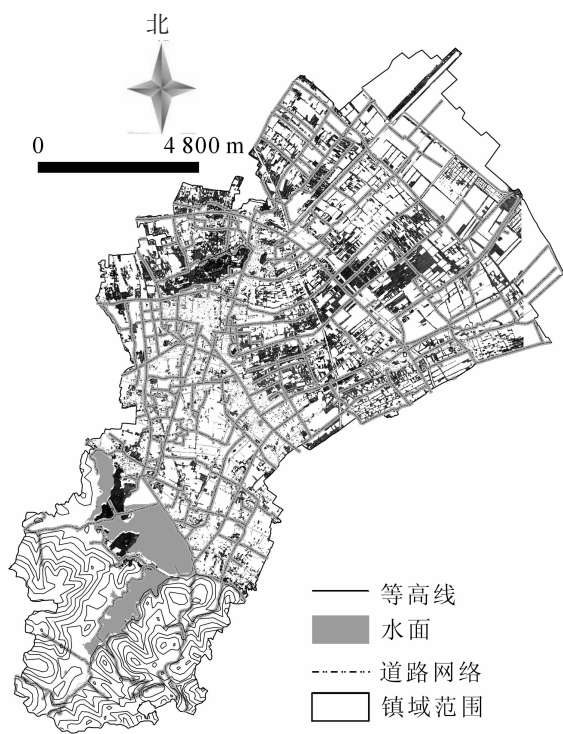


图1 观海卫镇绿地现状分布图

Figure 1 Distribution of current green land in Guanhaiwei Town

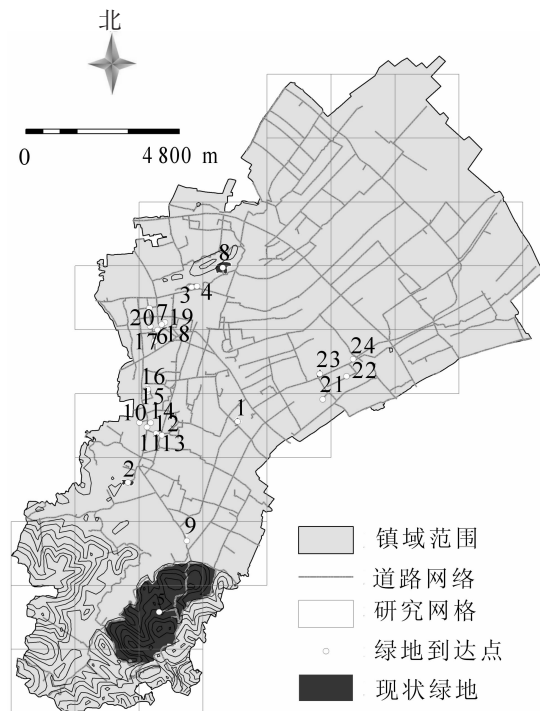


图2 观海卫镇绿地点、道路和出行拓扑关系图
Figure 2 Topological relations of green space points, roads and trip points in Guanhaiwei Town

表1 基于网络可达性分析的距离成本

Table 1 Distance cost accessibility of green space by network analysis accessibility

绿地	距离成本/m							
	出行点1	出行点2	出行点3	出行点4	出行点5	出行点6	……	出行点41
绿地1	17 946.73	16 680.47	5 514.97	16 933.90	14 809.80	7 666.65	……	15 066.08
绿地2	17 326.64	16 661.71	9 989.73	16 935.20	14 830.12	7 676.27	……	16 011.03
绿地3	23 238.62	16 592.13	9 995.56	16 872.78	14 761.01	7 602.18	……	15 850.56
绿地4	23 210.50	16 553.09	9 939.17	16 827.77	14 712.59	7 559.88	……	15 701.52
……	……	……	……	……	……	……	……	……
绿地24	21 143.96	20 784.14	16 358.77	12 452.63	10 279.37	3 132.36	……	19 474.47

3.2 研究结果评价

基于路网可达性分析和哈夫模型分析出行点到达绿地的平均时间，从绿地数量分布和绿地自身质量角度反映出观海卫镇绿地布局存在如下现状：一方面，绿地数量主要集中在中部地区，24个可供游憩绿地，其中20个分布在游憩绿地16, 19, 21, 25等出行点附近，南部只有3处，而偏北部则仅有1处。仅依据路网数据得出的平均时间，反映出绿地数量的分布情况，时间越短说明绿地数量越多，时间越长则说明绿地数量越少。另一方面，绿地自身质量最好为南部风景优美的五磊山风景区，其次是偏北部仅有的卫山风景区，南部、北部虽然绿地数量少，但风景区绿地面积大，吸引力指数较高；而中部为小型的公园绿地，滨河绿地等，绿地数量虽然较多但面积小，吸引力指数相对较低。而由哈夫模型计算得出的平均时间，不仅考虑了路网因素，还考虑了绿地吸引力指数，综合反应出绿地自身质量问题。

考虑到人口因素的绿地服务范围可以看出，绿地服务范围最远为8 311 m，有1处，为编号20的绿地。服务范围次之的有3处，分别是编号为15, 17, 14的绿地。由图中标号可看出服务范围较好绿地都位于中西部。因其绿地所在位置分布是镇域人口密集区域，且多为可供游憩休息的公园和广场。服务范围与其绿地自身大小和周围居民人口数量成正比。距居民生活区较为密切的小型广场、公园绿地等服务较好。绿地面积小，周围人口稀少，绿地质量较差，则它们相对于其他绿地的服务能力略低些。

表 2 观海卫镇绿地面积、期望人数和服务范围关系表

Table 2 Relation of the green land area, expected number of visitors and serving scope in Guanhaiwei Town

编号	绿地面积/m ²	期望人数/人	服务范围/m	编号	绿地面积/m ²	期望人数/人	服务范围/m
1	32 695.09	46 119	1 452.75	13	1 253.77	49 134	4 478.93
2	59 738.01	23 202	3 592.65	14	1 026.98	14 238	6 691.44
3	33 327.54	20 716	1 771.45	15	3 783.39	3 104.7	662.74
4	15 585.31	58 184	693.58	16	1 890.21	735	6 100.19
5	5 891 257.42	147 524	1 381.08	17	5 243.82	49	7 547.69
6	25 143.40	344 696	1 607.01	18	5 129.81	11	5 545.39
7	19 741.40	484 203	2 638.80	19	2 137.67	2	5 359.22
8	138 814.62	660 235	2 586.52	20	3 923.32	0	8 311.12
9	10 318.05	344 802	4 205.09	21	8 990.44	0	3 727.35
10	1 236.44	176 092	4 134.96	22	3 462.80	0	3 974.99
11	5 577.44	83 203	4 094.89	23	20 916.26	0	5 266.63
12	1 466.91	106 724	2 652.47	24	16 123.39	0	6 002.64

从期望人数方面来看，期望人数最高的绿地编号依次为 8, 7, 9, 6, 10, 5, 最低期望人数绿地编号依次为 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24。由分布图可知镇域中西部期望人数较高，期望人数次之为南部，中东部和北部则最低。因中西部人口密集区，面积稍大的绿地吸引能力强，期望人数就高。镇域南部山区五磊山风景区面积虽然较大，但是南部山区人口较为稀少，且交通便利程度较低，中部人口密集的区域相对付出距离成本代价较高，故期望人数量值偏低。北部和中东部，由于绿地数质量不高，人口不密集且距离成本较高，所以期望游人数量值最低。

经过实地调查表明，上述研究结论基本符合实际情况。观海卫镇南部山区以保护为主，中部耕地以居住为主，北部以沿海滩涂养殖为主，中部还分散着部分工业园区，镇域内地域特色鲜明、经济发达，工业化进程较为迅速，因而也造成了绿地分布不均衡，数量不多，质量较差，不能较好满足居民游憩需要的情况。综合考虑绿地质量、距离成本、人口因素等，可知观海卫镇绿地分布差异性较大，绿地数量较集中于中西部，虽服务范围 and 期望人数较高，但面积不够，南部与中东部绿地少且可达性差，北部靠海区域几乎没有可供游憩绿地。镇域内南北及东西方向，缺少贯通镇域的森林生态廊道。

3.3 总体布局优化设计

根据观海卫镇现有景观资源条件，针对哈夫模型分析出的空间布局问题，综合考虑多方因素，确立了观海卫镇森林绿地系统结构为“一心二片六横七纵多点”。一心：以观海卫新城为核心，以建成区内城镇公园、公共绿地、道路、水系、单位居住区等为主要目标，进行城镇生态公益林体系建设。新城建设位于镇域中部，建设 28.3 hm² 中心公园和多处可规划游憩绿地，缓解中部绿地分布不均，且质量不高和面积较小问题。二片：指镇域北部平原

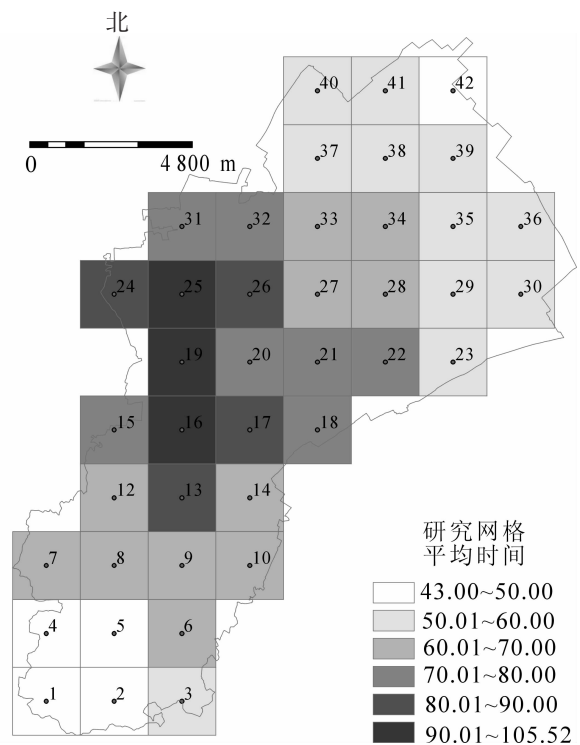


图 3 基于哈夫模型的绿地可达性

Figure 3 Accessibility of green land by Huff Model

可规划生态农业园区与镇域南部山地森林湖泊生态保护区。将镇域北部 2 000 hm² 农田, 规划成具有一定规模的农业园区。镇域南部的生态保护区内有鸣鹤古镇、杜湖、白洋湖、里杜湖水库和五磊山风景区, 要在确保饮用水源安全及生态环境不受破坏的前提下, 适当利用山地资源、人文景观资源开展适度的生风景林建设和森林旅游活动。根据镇域特殊地理情况, 充分建设和挖掘可供游憩资源, 缓解南北绿地不足状况, 促使整个镇域绿地资源分布趋向均衡。六横和七纵: 要以公路建设和河道疏浚为基础, 两旁营造绿化带, 宽度最低不小于 5 m, 适宜地段可营造 50 m 宽的绿化带。绿化以生态防护与观赏效果紧密结合, 植物配置要以乔木为主, 搭配小乔木和灌木, 局部河道地段绿化可扩展为滨水公园。在道路南北、东西方向拓展后, 可以构筑明显贯通的森林生态廊道, 以缩短距离成本。多点: 要按照镇域 40 个村庄和 2 个社区居民的分布状况, 结合道路、水系及片林绿化, 自然景观与人文景观相结合, 按 500 m 服务半径均匀布置带状与散点式街旁绿地, 满足居民游憩与日常生活功能。

3.4 优化结果分析

经上述总体布局优化设计后, 将具有游憩观赏功能的重点绿地规划内容, 重新输入 Arc GIS9.3 软件中分析, 得出模型计算数据, 并带入哈夫模型中加以验证, 叠加分析优化结果, 重点对比分析绿地服务范围 and 出行点平均时间(图 4)。

优化设计后, 绿地服务范围最大值由现状 8 311 m 增加为规划后 12 504 m, 平均值由现状 4 228 m 增加为规划后 5 624 m, 增幅分别为 50.4%和 33.0%。针对性的绿地规划布局后, 原有 24 处绿地服务范围均得到一定提升, 新增绿地中服务范围较好的为中部的新城公园, 面积大、位置好、可服务较多居民, 北部则为可供游憩的部分农业园区和新增滨河绿化, 虽然服务范围相对较差, 但已缓解北部几乎无游憩绿地的布局状态, 使镇域绿地整体布局趋向均衡。

对比出行点平均时间, 中部和北部出行点平均时间都大幅下降。其中, 位于中西部 16, 19 的绿地出行点由于附近新增廊道绿地使可达性增强, 平均速度由原来 105 min 骤减至 10 min, 中部人口较为集中, 绿地须到达一定数量且可方便到达。北部规划建设面积较大的可游憩绿地, 平均时间由以前 60~70 min 减少为 30~40 min, 有效缓解原先附近居民绿地设施缺乏的供需关系。然而, 南部出行点平均时间规划前后差值则较小, 居民对绿地需求改善幅度也较小, 结合实际分析是因为南部为山区, 基于可操作层面要求, 南部山区建议以保护为主, 近期重点绿化也没有规划南部可游憩绿地所致。

总之, 基于哈夫模型的优化设计效果较为明显, 改善了居民和绿地设施之间的供需关系, 提高了绿地规划更好地以人为本和为人服务功能, 合理安排了镇域内绿地空间布局, 更好地实现镇域内生态建设和改善居民生活环境质量的目标。

4 讨论与小结

本研究充分利用 GIS 技术在空间数据采集处理和网络分析的优势, 研究各出行点到达绿地的最佳路径, 为规划方案选择和数据获取提供技术支撑。采用哈夫模型, 对绿地系统布局进行定量分析和专题图对比分析, 研究镇域绿地数量大小及分布状况, 并对现有绿地的服务能力和吸引预期到访人数进行分析, 从不同研究角度发现镇域绿地布局存在如下问题: 大尺度上, 中部、南部和北部, 绿地分布偏差较

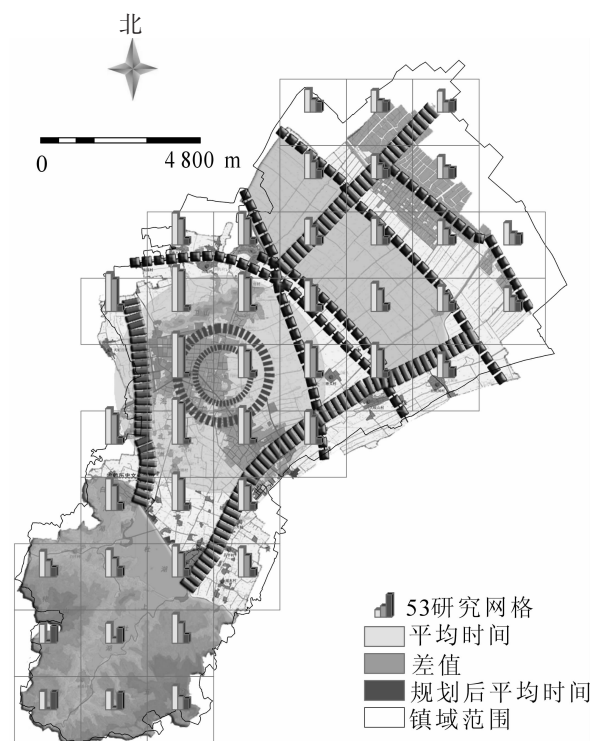


图 4 观海卫镇绿地系统化布局

Figure 4 Optimal green land layout in Guanhaiwei Town

大。中部绿地数量多面积较小,由于人口密集在中部,故期望人数较高;南部数量少但有较大风景区,人口稀疏,可达性差,故期望人数次之。北部则绿地资源严重匮乏。小尺度上中部绿地分布仍有差异,多集中在西部,且绿地质量参差不齐。本研究以分析现状为主,提出针对性规划预案优化绿地布局结构,运用自相关分析进行规划预案前后对比,提高了绿地布局与规划方案的科学性。同时,也有助于规划和决策人员更为直观、科学和丰富地掌握各类规划所需的基本绿地资源信息。

目前,将哈夫模型引入绿地布局分析现状的研究较少,较多的是应用传统引力模型或者修正后的重力模型。引力模型主要计算出绿地与居民点之间的吸引力,将吸引力作为绿地评价影响因子,评价较为单一。本研究尝试将研究数据导入引力模型计算出绿地平均吸引力,虽然也考虑了可达性因素,但绿地吸引力几乎与绿地大小成正比,表现为5号南部山区风景区吸引力最大,之后依次为面积较大的8号和2号绿地。引力模型没有考虑居民选择绿地的因素,倘若确定绿地服务范围后,其服务范围内的居民选择概率为100%。而引入哈夫模型的优势在于该模型是一个概率模型,1个居民点可以选择多个绿地,没有限定范围,并且综合考虑绿地吸引力、可达性和人口因子,从而可以得出较为真实的服务范围。

当然,绿地系统研究中引入哈夫模型,仍存在一定局限性。一方面,吸引力评价指标,主要依据绿地大小数据,但实际吸引居民参与绿地活动的因素,不仅受到绿地大小的影响。如何将其他吸引力因素引入模型,并借助GIS技术量化分析值得继续研究。另一方面,哈夫模型依赖精度较高的资料数据,数据的精度对于整个研究过程影响较大,也决定着研究的方向与方法。本研究调查人口数据精度尚不高,其研究结论虽有一定典型性,但不免存在一定的偏差。因此,在镇域分布的人口数据更为详尽的情况下,还可运用空间自相关分析技术等方法以提高分析的可信度。

参考文献:

- [1] 马琳, 陆玉麒. 基于路网结构的城市绿地景观可达性研究: 以南京市主城区公园绿地为例[J]. 中国园林, 2011, 27(7): 92 - 96.
MA Lin, LU Yuqi. Research on landscape accessibility of city green space based on traffic network: case study of the garden green space of the city proper of Nanjing [J]. *Chin Landscape Arch*, 2011, 27(7): 92 - 96.
- [2] 刘滨谊, 张国忠. 近10年中国城市绿地系统研究进展[J]. 中国园林, 2005, 21(6): 25 - 28.
LIU Binyi, ZHANG Guozhong. Research progress of urban green space system in China in recent ten years [J]. *Chin Landscape Arch*, 2005, 21(6): 25 - 28.
- [3] 张月金. 基于景观生态学理论的南宁城市空间格局探究[J]. 广西城镇建设, 2011, 35(4): 65 - 71.
ZHANG Yuejin. On urban spatial arrangement of Nanning by landscape ecology [J]. *Cities Towns Construct Guangxi*, 2011, 35(4): 65 - 71.
- [4] 谷康, 曹静怡. 基于游憩功能的城市绿地布局: 以扬州市为例[J]. 中国园林, 2012, 28(3): 112 - 116.
GU Kang, CAO Jingyi. Urban green space system planning based on the recreational function: take the Yangzhou City as an example [J]. *Chin Landscape Arch*, 2012, 28(3): 112 - 116.
- [5] 吴承照, 刘滨谊. 游憩与景观生态理论研究: 在绍兴市中心城绿地系统规划中的综合应用[J]. 城市规划, 2000, 24(1): 71 - 73.
WU Chengzhao, LIU Binyi. Recreation and landscape ecology: integrated approach for the green space system planning of central Shaoxing City [J]. *Urban Plan Rev*, 2000, 24(1): 71 - 73.
- [6] 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, 23(8): 8 - 11.
YU Kongjian, DUAN Tiewu, LI Dihua, et al. Landscape accessibility as a measurement of the function of urban green system [J]. *City Plan Rev*, 1999, 23(8): 8 - 11.
- [7] 杜钦, 侯颖, 王开运, 等. 国外绿地规划建设实践对城乡绿色空间的启示[J]. 城市规划, 2008, 32(8): 74 - 80.
DU Qing, HOU Ying, WANG Kaiyun, et al. International experiences of green space construction on urban-rural green system in China [J]. *City Plan Rev*, 2008, 32(8): 74 - 80.
- [8] 鲁敏, 杨东兴, 刘佳, 等. 济南绿地生态网络体系的规划布局与构建[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(3): 600 - 605.

- LU Min, YANG Dongxing, LIU Jia, *et al.* Programming and construction of green space network ecosystem in Jinan [J]. *Chin J Eco-Agric*, 2010, **18**(3): 600 – 605.
- [9] 李锋, 王如松. 城市绿色空间生态服务功能研究进展[J]. 应用生态学报, 2004, **15**(3): 527 – 531.
LI Feng, WANG Rusong. Research advance in ecosystem service of urban green space [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2004, **15**(3): 527 – 531.
- [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]. 中国园林, 2010, **26**(9): 15 – 19.
LIANG Haoyan, XIAO Rongbo, LIAO Yuantao. Evaluation of reasonable city parks distribution based on service ability [J]. *Chin Landscape Arch*, 2010, **26**(9): 15 – 19.
- [11] 蒋文伟, 梅艳霞, 郭慧慧. 基于GIS的小城市景观空间结构分析: 以宁波市鄞州区3个街道为例[J]. 林业科学, 2011, **47**(12): 28 – 35.
JIANG Wenwei, MEI Yanxia, GUO Huihui. GIS-based study on small-size urban spatial pattern: a case study of three subdistricts in Yinzhou district of Ningbo [J]. *Sci Silv Sin*, 2011, **47**(12): 28 – 35.
- [12] 苏智海, 赵志江, 刘金川, 等. 3S技术在城市绿地系统中的应用研究[J]. 西北林学院学报, 2008, **23**(2): 173 – 176.
SU Zhihai, ZHAO Zhijiang, LIU Jinchuan, *et al.* Application of 3S technology for urban greenbelt system [J]. *J Northwest For Univ*, 2008, **23**(2): 173 – 176.
- [13] 谭丽, 何兴元, 陈玮, 等. 基于Quick Bird卫星影像的沈阳城市绿地景观格局梯度分析[J]. 生态学杂志, 2008, **27**(7): 1141 – 1148.
TAN Li, HE Xingyuan, CHEN Wei, *et al.* Gradient analysis of urban green space landscape pattern in Shenyang City based on quick bird image [J]. *Chin J Ecol*, 2008, **27**(7): 1141 – 1148.
- [14] 李满春, 周丽彬, 毛亮. 基于RS、GIS的城市绿地生态效益评价与预测模型[J]. 中国环境监测, 2003, **19**(3): 48 – 51.
LI Manchun, ZHOU Libin, MAO Liang. Urban greenbelt ecological benefits evaluation and prediction model based on RS & GIS technology [J]. *Environ Monitor China*, 2003, **19**(3): 48 – 51.
- [15] 周媛, 石铁矛, 胡远满, 等. 基于GIS与多目标区位配置模型的沈阳市公园选址[J]. 应用生态学报, 2011, **22**(12): 3307 – 3314.
ZHOU Yuan, SHI Tiemao, HU Yuanman, *et al.* Location selection for Shenyang urban parks based on GIS and multi-objective location allocation model [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2011, **22**(12): 3307 – 3314.
- [16] 肖华斌, 袁奇峰, 徐会军. 基于可达性和服务面积的公园绿地空间分布研究[J]. 规划师, 2009, **25**(2): 83 – 89.
XIAO Huabin, YUAN Qifeng, XU Huijun. Green space distribution based on accessibility and serving area [J]. *Planners*, 2009, **25**(2): 83 – 89.
- [17] COMBER A, BRUNSDON C, GREEN E. Using a GIS-based network analysis to determine urban green space accessibility for different ethnic and religious groups [J]. *Landscape Urban Plan*, 2008, **86**: 103 – 114.
- [18] OH K, JEONG S. Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS [J]. *Landscape Urban Plann*, 2007, **82**: 25 – 32.
- [19] 刘常富, 李小马, 韩东. 城市公园可达性研究: 方法与关键问题[J]. 生态学报, 2010, **30**(19): 5381 – 5390.
LIU Changfu, LI Xiaoma, HAN Dong. Accessibility analysis of urban parks: methods and key issues [J]. *Acta Ecol Sin*, 2010, **30**(19): 5381 – 5390.
- [20] 周廷刚, 郭达志. 基于GIS的城市绿地景观引力场研究: 以宁波市为例[J]. 生态学报, 2004, **24**(6): 1157 – 1163.
ZHOU Tinggang, GUO Dazhi. GIS-based researches on urban green space on landscape gravity field with Ningbo City as an example [J]. *Acta Ecol Sin*, 2004, **24**(6): 1157 – 1163.
- [21] TALEN E, ANSELIN L. Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds [J]. *Environ Plann A*, 1998, **30**(4): 593 – 613.
- [22] 黄水生, 谢阳生, 唐小明, 等. 北京市森林及绿地资源调查信息协同系统研究与实现[J]. 浙江农林大学学报, 2011, **28**(6): 884 – 892.

- HUANG Shuisheng, XIE Yangsheng, TANG Xiaoming, *et al.* Research and implementation of cooperative information system for forest and greening inventory in Beijing [J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2011, **28**(6): 884 – 892.
- [23] 胡志斌, 何兴元, 陆庆轩, 等. 基于 GIS 的绿地景观可达性研究: 以沈阳市为例[J]. 沈阳建筑大学学报: 自然科学版, 2005, **21**(6): 671 – 675.
- HU Zhibin, HE Xingyuan, LU Qingxuan, *et al.* Green space accessibility research based on GIS: taking Shenyang as an example [J]. *J Shenyang Jianzhu Univ Nat Sci*, 2005, **21**(6): 671 – 675.
- [24] 马林兵, 曹小曙. 基于 GIS 的城市公共绿地景观可达性评价方法[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2006, **45**(6): 111 – 115.
- MA Linbing, CAO Xiaoshu. A GIS-based evaluation method for accessibility of urban public green landscape [J]. *Acta Sci Nat Univ Sunyatsen*, 2006, **45**(6): 111 – 115.
- [25] 胡明星. 基于 GIS 的可达性和空间自相关分析在江阴绿地系统规划中的应用[J]. 中国园林, 2010, **26**(9): 20 – 24.
- HU Mingxing. Applications of GIS-based accessibility and spatial autocorrelation analysis in the green space system planning: a case study of Jiangyin [J]. *Chin Landscape Arch*, 2010, **26**(9): 20 – 24.
- [26] HUFF D L. A probability analysis of shopping center trade areas [J]. *Land Econ*, 1963, **53**: 81 – 90.
- [27] HUFF D L. Defining and estimating a trading area [J]. *J Market*, 1964, **28**(3): 34 – 38.
- [28] 吴忠才. 基于哈夫修正模型再修正的城市商圈区位模型[J]. 吉首大学学报: 自然科学版, 2009, **30**(3): 109 – 111.
- WU Zhongcai. Remodified model of location of urban trade areas based on Huff Modified model [J]. *J Jishou Univ Nat Sci Ed*, 2009, **30**(3): 109 – 111.
- [29] 唐红涛. 基于 Huff 模型的虚拟商圈实证分析[J]. 吉首大学学报: 自然科学版, 2009, **30**(5): 121 – 125.
- TANG Hongtao. Empirical study on fictitious trade area based on Huff Model [J]. *J Jishou Univ Nat Sci Ed*, 2009, **30**(5): 121 – 125.
- [30] 王胜男, 李猛. 基于 Huff 模型的洛阳市绿地系统优化设计[J]. 城市规划, 2010, **34**(9): 49 – 53.
- WANG Shengnan, LI Meng. Green space system design in Luoyang using Huff Model [J]. *City Plan Rev*, 2010, **34**(9): 49 – 53.
- [31] 孔云峰, 吕建平. 就近入学空间模型分析: 以河南省巩义市初级中学为例[J]. 地理与地理信息科学, 2011, **27**(5): 87 – 91.
- KONG Yunfeng, LÜ Jianping. Spatial modeling and analysis of the nearby school enrollment: a case study of the junior middle schools in Gongyi City Henan Province [J]. *Geogr Geo-inf Sci*, 2011, **27**(5): 87 – 91.
- [32] 鄢进军, 秦华, 鄢毅. 基于 Huff 模型的忠县城市公园绿地可达性分析[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2012, **56**(6): 130 – 135.
- YAN Jinjun, QIN Hua, YAN Yi. Huff model-based accessibility analysis of Zhongxian park system space [J]. *J Southwest China Nor Univ Nat Sci Ed*, 2012, **56**(6): 130 – 135.
- [33] 李小马, 刘常富. 基于网络分析的沈阳城市公园可达性和服务[J]. 生态学报, 2009, **29**(3): 1554 – 1562.
- LI Xiaoma, LIU Changfu. Accessibility and service of Shenyang's urban parks by network analysis [J]. *Acta Ecol Sin*, 2009, **29**(3): 1554 – 1562.
- [34] 慈溪市统计局. 慈溪市社会经济统计年鉴(2010)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.