

洛阳市区绿色开放空间系统的 动态演变与功能优化

王发曾¹, 王胜男^{1,2}, 李 猛^{1,3}

(1. 河南大学环境与规划学院, 河南 开封 475001; 2. 三亚学院社会发展分院, 海南 三亚 572022; 3. Department of Geography and Planning, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK Canada S7N 5C8)

摘要: 洛阳市区绿色开放空间系统包括生产绿地、农林地、滨河绿地、公园绿地、景观绿地、附属绿地等6种类型。运用景观格局分析法、结构均匀比指数测度法, 解析了1988~2008年洛阳市区绿色开放空间系统的面积、斑块、空间布局结构的动态演变。研究表明: 城镇化进程中洛阳市区绿色开放空间系统的不同类型要素在不同时期、不同方向、不同梯度上的变化迥异。1988~2008年, 滨河绿地、公园绿地、景观绿地、附属绿地面积逐渐增加, 生产绿地、农林地大幅度减少; 各象限、各圈层不同种类绿地的均匀比指数变化、差异很大; 绿地斑块密度逐渐增大, 斑块形状指数普遍较低。在此基础上, 运用生态功能强度指数测度法和 Huff模型等方法, 评价了系统的服务功能水平, 发现洛阳市区绿色开放空间系统的生态服务功能水平一般, 居民访问绿地的成本普遍较高, 市区绿地与居民的供需关系不协调。可采用改变人口居住模式、调整绿地分布格局以及多种措施对系统的空间布局结构、服务供需关系、绿地要素等进行功能优化。

关键词: 绿色开放空间系统; 演变; 优化; 洛阳

文章编号: 1000-0585(2012)07-1209-15

1 引言

城市开放空间是指“在一定城市地域内, 具有一定结构和多重功能的存在于建筑实体之外的开敞空间体”, 而具有一定要素构成、结构形态和功能组合的各类开放空间的集合体, 即可视为“城市开放空间系统”^[1~4]。该系统的构成要素按基本性质与功能的不同分为绿色(绿地)、灰色(道路与广场)和蓝色(水体)开放空间系统三大类, 绿色开放空间系统是城市地域内人与环境协调共处的空间前提, 是改善城市结构和功能的空间调节器, 也是城市建设体现生态思想、促使城市发展进入可持续状态的重要空间载体, 其优化是生态城市建设的重要途径^[4~9]。

长期以来, 以绿色开放空间为研究对象, 针对城市绿道、绿廊的要素设计、结构分析、功能调控的探讨, 无论地域差异、时期分别一直是城市发展研究中的热点和焦点, 更是开放空间领域的重中之重^[10~13]。当前, 绿色开放空间系统研究的方向越发多元、对象越发复杂、方法越发综合、范围越发广泛^[14], 仅从静态层面考虑城市绿色开放空间的要

收稿日期: 2011-07-21; 修订日期: 2012-02-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(40771065); 河南省软科学招投标项目(092400410002); 海南省自然科学基金项目(411095); 三亚学院地地合作项目(2011YD38)

作者简介: 王发曾(1947-), 男, 教授, 博士生导师, 近来从事城市规划与设计、城市一区域综合发展、城市生态学的研究。E-mail: fzwang0306@sina.com

素设计、布局结构、功能提升已无法满足时代发展的需要,通过解析绿色开放空间系统的动态演变过程并进行功能优化来加强生态城市建设,进而打造“低碳城市”、推动城市的可持续发展,是当前和今后相当长一段时期我国全面建设小康社会的一项重大课题^[4,15~18]。

2 研究区概况与数据来源

2.1 研究区概况

洛阳市东邻郑州,西接三门峡,北跨黄河与焦作接壤,南与平顶山、南阳相连,因其位于洛水之阳(洛河之北)而得名。洛阳距今已有 4000 余年的城市文明史,先后有 13 个王朝在此建都,为都长达 1500 多年,是我国著名的古都之一,是国务院首批公布的历史文化名城。市区下辖涧西、西工、老城、瀍河、洛龙、吉利等 6 个行政区,面积 163.95 km²,经济实力位居河南省第二、中部地区第七。因吉利区在空间上未与市区相连,将不包括在本文的研究区域之内。

洛阳市区绿色开放空间系统包括生产绿地(代码⑪)、农林地(⑫)、滨河绿地(⑬)、公园绿地(⑭)、景观绿地^①(⑮)、附属绿地(⑯)等 6 大类要素。选取洛阳市区作为研究区域是出于以下考虑:(1)洛阳市区生态系统的结构复杂,各种类型的开放空间要素富集,在我国乃至世界的城市中具有鲜明特色和典型意义^[19]。(2)2008 年末建成区绿化覆盖面积 5638 hm²,绿化覆盖面积率 34.39%,绿色开放空间系统在保护城市环境质量、维持城市生态系统平衡等方面有着不可估量和替代的重要作用。(3)城镇化进程中,各种类型绿地要素的规模、分布都产生了明显的改变,不同时期、不同方向、不同梯度上的变化影响了绿色开放空间系统生态服务功能的发挥。

2.2 数据来源

本文使用的 1988~2008 年以来各种数据分别来源于:(1)洛阳市国土资源局、城市规划局、统计局、环境保护局等部门提供的数据。(2)统计年鉴数据。(3)现场踏勘获得的各种调研数据、实测数据等。

3 研究方法

3.1 景观格局分析法

本文以 RS 和 GIS 等手段作为技术支撑,借助景观格局分析法^[20],通过对比不同时期的绿地斑块类型水平上的多项景观格局指数,实现洛阳市区绿色开放空间系统的多层面的定量分析。分别从方向上划分 8 个象限(以绿心为原点,按顺时针方向旋转,每 45°为 1 个象限),从梯度上划分 11 个圈层(以绿心为原点,自内向外,每 1 km 为 1 个圈层),作为采样区间(图 1),进行 3 个时间点的绿地要素在不同方向与不同梯度上格局变化的定量分析。选择景观格局指数中的斑块密度指数(PD)、斑块形状指数(LSI)等 2 个指标,通过计算采样区间的各项景观指数值,判读不同时期绿地斑块的变化特征。

3.2 结构均匀比指数测度法

采用结构均匀比指数测度法,可以客观地认识绿色开放空间系统的空间分异特征,进而评价系统的空间布局结构状态。均匀比指数 ER 的计算公式^[16]为:

①景观绿地是以景观功能为主,游憩、生态功能为辅的小型绿地斑块,分布在道路结点、商厦门前和街头。

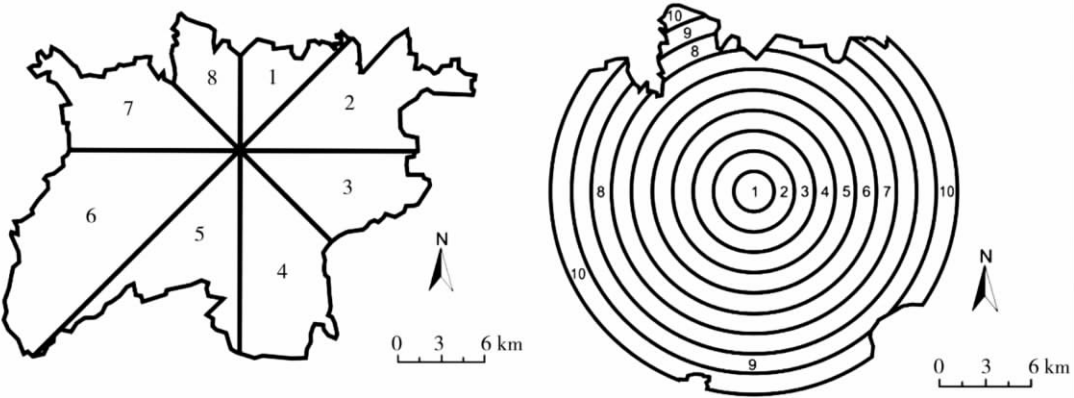


图 1 绿色开放空间系统的 8 个象限和 11 个圈层
Fig 1 8 quadrants and 11 rings of green open space system

$$ER = \sum_{j=1}^n |R_{ij}| = \sum_{i=1}^n |\log_2(\frac{a_{ij}}{a_i} / \frac{A_j}{A})|$$

(1)

式中， ER 为均匀比指数； R_{ij} 为第 i 类绿地在第 j 象限或圈层的均匀比； a_{ij} 为第 i 类绿地在第 j 象限或圈层内的分布面积； a_i 为第 i 类绿地的总面积； A_j 为第 j 象限或圈层的面积， A 为所有象限或圈层的总面积； n 为象限或圈层的总个数。如果绿色开放空间系统内的各类要素的分布均衡，其均匀比指数均为 0，总指数亦为 0，即绿色开放空间系统的空间布局结构均衡。均匀比总指数越接近 0，表明系统的空间布局结构越均衡^[16]。

3.3 生态功能强度指数测度法

构建能够反映绿色开放空间生态服务功能强度的指标体系（表 1），利用多边形综合指标法^[21]，计算各指标的功能强度指数以及综合指数，用于评价系统的生态服务功能。计算步骤如下：（1）数据处理。所有数据，需经过标准化处理。公式为：

$$I_{ij} = \frac{X_{ij}}{R_i}$$

(2)

表 1 绿色开放空间系统的生态服务功能强度评价指标
Tab 1 Ecological function intensity index

指标编码	指标名称	涵义	数据来源
1	绿地均匀度	描述市区内不同绿地分布的均匀程度	计算
2	建成区绿地率	指城市各类绿地总面积占城市面积的比率	计算
3	建成区绿化覆盖面积	城市绿化覆盖面积	统计年鉴
4	建成区绿化覆盖率	城市绿化覆盖面积占城市面积的比率	统计年鉴
5	公园绿地面积	城市公园绿地覆盖面积	统计年鉴
6	人均公园绿地面积	城市中每个居民平均占有公园绿地的面积	统计年鉴

式中， I_{ij} 为第 i 个指标在第 j 时段的功能强度指数， X_{ij} 为第 i 个指标在第 j 时段的值， R_i 为第 i 个指标的参考值，这里统一选用 2020 年洛阳市城市规划指标值。（2）计算功能强度综合指数。以 i 个指标作为 i 条轴，每条轴的长度为 1，画出一个正 i 边形，在每一条轴上标出每一个指标的值，连接代表指标值的所有点，就形成一个新的 i 边形。生态功能强度综合指数 I_{ij} 为：

$$I_{ij} = \frac{S_j}{S_t} \quad (3)$$

式中, S_j 为第 j 阶段的多边形面积, S_t 为边长为 1 的正多边形的面积。(3) 评价。 I_{ij} 的取值范围为 $[0, 1]$, 数值越大表示系统的生态服务功能越强。

3.4 Huff 模型法

应用 Huff 模型^[22,23], 计算反映绿地服务设施吸引力、服务供应能力、居民对绿地设施的需求等指标, 从供需关系出发, 建立绿地系统供需关系模型。通过供需协调程度评价系统服务水平, 为绿色开放空间系统的居民服务功能优化提供依据并验证优化的可行性。

4 绿色开放空间系统的动态演变

4.1 系统要素面积变化

4.1.1 不同时期的面积变化

1988~2008 年, 洛阳市区绿色开放空间面积增量为 3114.28hm², 位居开放空间系统各子系统的首位, 各类绿地面积在城镇化的不同发展阶段均发生了显著的变化(图 2)。总的趋势是生产绿地⑪先增加后大幅度减少, 农林地⑫先增后减, 滨河绿地⑬、公园绿地⑭、附属绿地⑯的面积在后期有较快增加, 景观绿地⑮略有增加。1988~

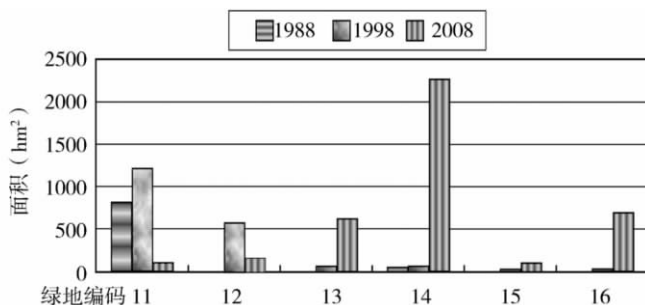


图 2 绿色开放空间系统各要素不同时期的面积变化

Fig. 2 Area and period changes of green open space system

1998 年, 城镇化处于常规阶段, 建成区沿东西向渐进式扩展延伸, 绿色开放空间面积的增加以建成区外围北部丘陵、山地的生产绿地、农林地为主, 滨河绿地、公园绿地等的面积和布局都没有明显改观。1998~2008 年, 城镇化进入快速发展阶段, 建成区核心地段沿洛河及周边水域的整治, 隋唐城遗址植物园的绿化工程以及邙山、周山乃至龙门山的山体复绿, 带来了洛阳市区主体圈层绿化面积的大幅度增加, 改善了市区的生态环境, 一定程度上缓解了城市人口集聚带来的环境压力。

4.1.2 不同方向的面积变化 图 3 显示, 1988~2008 年, 洛阳市区绿色开放空间系统各要素在不同方向上面积的变化都非常明显。(1) 生产绿地⑪。1988 年, 主要分布在左半边象限, 尤以 6~8 象限居多; 1998 年, 6、8 象限继续增加, 6 象限超过了 8 象限; 2008 年, 各象限均大幅缩减。(2) 农林地⑫。1988 年, 很少, 未统计; 1998 年, 各象限均有增加, 4、6 象限增加显著; 2008 年, 除 8、1 象限有所增加外, 其他象限急剧减少。(3) 滨河绿地⑬。1988 年, 很少, 未统计; 1998 年, 下半边象限有所增加; 2008 年, 2~5 象限明显增加。(4) 公园绿地⑭。1988 年, 少量集中于绿心附近; 1998 年, 2、6 象限略有增加; 2008 年, 1、3、4、6 象限有较大增加, 尤以 3 象限增加显著。(5) 景观绿地⑮。1988 年, 很少, 未统计; 1998 年, 各象限均有所增加; 2008 年, 4~6 象限有较大增加, 尤以 4 象限增加显著。(6) 附属绿地⑯。1988 年, 很少, 未统计; 1998 年, 绿心附近略有增加; 2008 年, 4~7 象限有较大增加, 尤以 4 象限增加显著。不同类型的绿色开放空间要素在不同方向上的变化是城市空间拓展进程中, 依据城市发展的需求对不同属性绿地

选择的真实反映。城镇化进程加速、城市地域空间扩展，与城市生活紧密联系的滨河绿地、公园绿地、景观绿地、附属绿地面积增加，生产绿地、农林地则不断缩减，逐渐蜕变为其他属性用地。

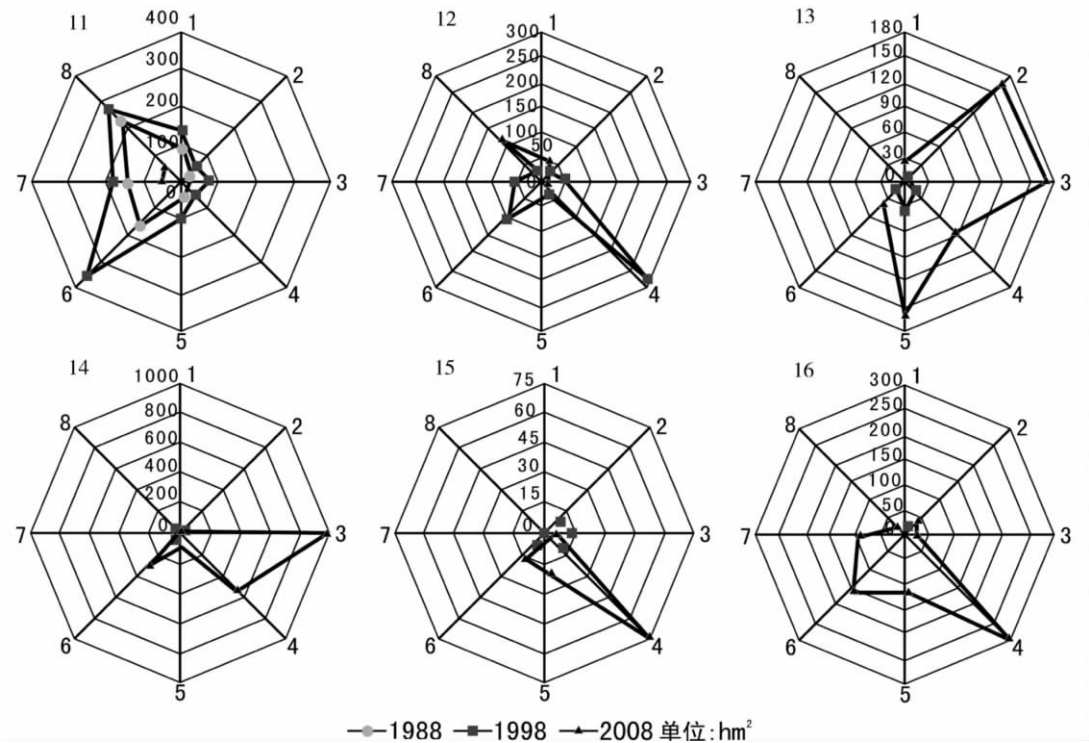


图 3 绿色开放空间系统各要素不同方向的面积变化
Fig. 3 Area and direction changes of green open space system

4.1.3 不同梯度的面积变化 在城镇化的不同阶段，绿色开放空间系统的各要素在不同梯度上的面积变化也各有不同（图 4）。（1）生产绿地⑪。1988 年，生产绿地在 3~11 圈层均有分布，以位于建成区边缘的 8 圈层最多；1998 年，市区边缘的 11 圈层面积猛增；2008 年，除 5、6 圈层有所保留外，其余很少。（2）农林地⑫。1988 年，很少，未统计；1998 年，各圈层略有增加，11 圈层增加显著；2008 年，4 圈层增加了部分林地，11 圈层急剧减少。（3）滨河绿地⑬。1988 年，很少，未统计；1998 年，各圈层略有增加，4、11 圈层增加较多；2008 年，3~8 圈层大幅度增加，在 3、6、8 圈层出现波峰。（4）公园绿地⑭。1988 年，少量集中于绿心附近；1998 年，2~11 圈层均有少量分布；2008 年，4~8 圈层大幅度增加，5 圈层出现峰顶。（5）景观绿地⑮。1988 年，很少，未统计；1998 年，各圈层均有分布，在 5、7、9 圈层出现 3 个小波峰；2008 年，4~8 圈层继续增加，6~8 圈层增加显著，在 6 圈层出现峰顶。（6）附属绿地⑯。1988 年，很少，未统计；1998 年，所有圈层均有分布；2008 年，各圈层持续增加，11 圈层最多。绿色开放空间系统各要素的不同梯度上的变化是不同阶段洛阳市区空间扩展中用地流转的反映，印证了城镇化进程对洛阳市区用地在不同区位的影响。

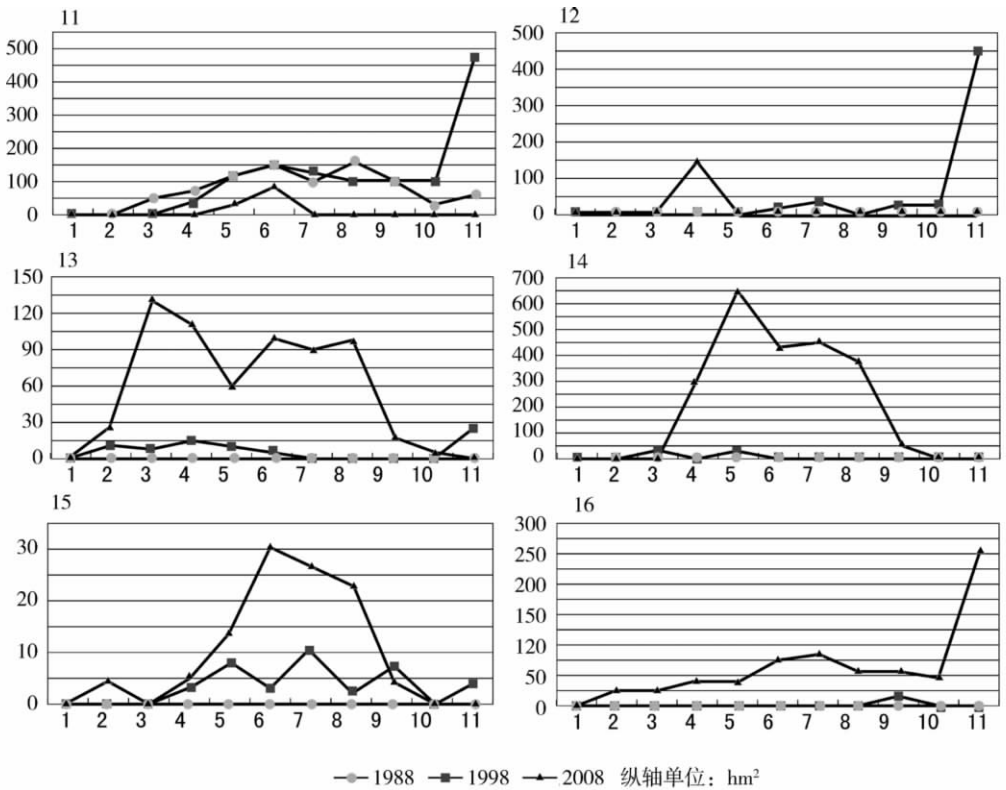


图 4 绿色开放空间系统各要素在不同梯度的格局变化

Fig. 4 Pattern changes in different gradients for green open space system

4.2 系统空间结构变化

4.2.1 不同方向的空间结构变化 通过对比 8 个象限不同时期的均匀比指数变化 (图 5), 可以看出, 不同类型的绿地要素在不同方向上空间结构有明显的差异。(1) 生产绿地⑪。1988~1998 年, 城镇化处于常规发展阶段, 均匀比指数虽然偏离 0, 但在各个方向上差异不大; 1998~2008 年, 城镇化进入快速发展阶段, 打破了原有的空间结构状态, 仅在 7、8 象限保持一定程度的均匀。(2) 农林地⑫。1988~1998 年, 从无 (统计) 到有, 而且从 5、6 象限的均匀程度明显高于其他象限, 逐渐走向各象限的均匀比指数相差不大; 1998~2008 年, 原有的空间结构完全被打破, 除 1、8 象限相对均匀外, 其他象限只有很不均匀的零星分布。(3) 滨河绿地⑬。1988~1998 年, 从无 (统计) 到有, 其中 3~6 象限相对均匀; 1998~2008 年, 7 象限的均匀程度也明显提高。(4) 公园绿地⑭。1988~1998 年, 各象限中, 2、6 象限相对均匀, 8 象限从不均匀走向相对均匀, 10 年间变化不大; 1998~2008 年, 除 7 象限外, 其他各象限的均匀程度明显提高, 2 象限有所降低。(5) 景观绿地⑮。1988~1998 年, 从无 (统计) 到有, 各象限均匀程度都不高, 1、8 象限均匀程度更低; 1998~2008 年, 7 象限的均匀程度大幅下降, 2~6 象限有一定提高。(6) 附属绿地⑯。1988~1998 年, 从无 (统计) 到有, 6~8 象限均匀程度较高, 2、4 象限稍高; 1998~2008 年, 各象限的均匀性逐渐提高, 5、6 象限最高。可以看出, 不同类型的绿色开放空间系统要素在不同方向上均匀比指数的改变, 表现了其布局结构在城镇化进程中的动态变化。生产绿地、农林地分布逐渐均衡并非结构的优化, 而是大面积被侵占

的结果；其他类型绿地布局结构的变化则绝大程度是人为作用的体现。

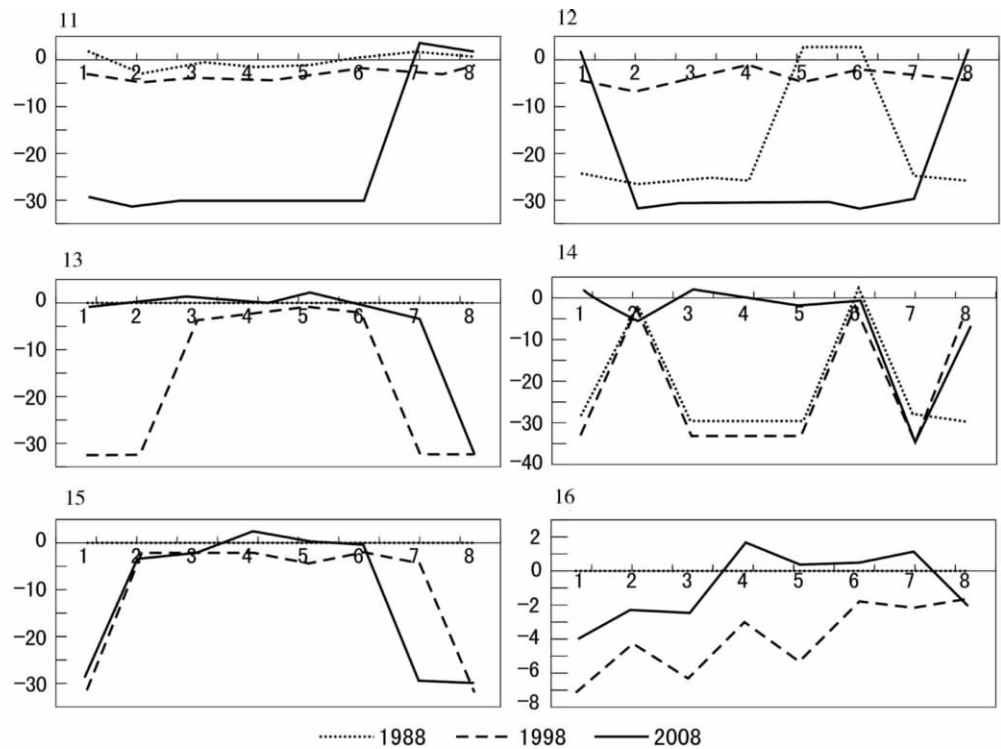


图 5 绿色开放空间各要素在不同方向的均匀比指数

Fig. 5 Evenness index of different directions for green open space system

4.2.2 不同梯度的空间结构 通过对比 11 个圈层在不同时期的均匀比指数变化 (图 6), 可以看出, 各种类型绿地要素在不同梯度上空间结构也有明显的差异: (1) 生产绿地⑪。1988~1998 年, 3~11 圈层的分布比较均匀, 变化不大; 1998~2008 年, 5~7 圈层的均匀性有所波动, 其他圈层大幅度降低。(2) 农林地⑫。1988~1998 年, 从无 (统计) 到有, 而且从 9、10 圈层的相对均匀分布, 逐渐扩展到 3~11 圈层的相对均匀分布; 1998~2008 年, 林地为主的 3~5 圈层均匀程度稍有下降, 其他圈层零星不均匀分布。(3) 滨河绿地⑬。1988~1998 年, 从无 (统计) 到有, 2~6 圈层和 11 圈层均匀程度较高; 1998~2008 年, 除 1、11 外的其他圈层分布比较均匀。(4) 公园绿地⑭。1988~1998 年, 情况较复杂, 在 2~7 圈层相对均匀的原有基础上, 4 圈层的均匀性大幅下降, 11 圈层逐渐上升, 1、8~10 圈层变化不明显; 1998~2000 年, 3~7 圈层保持稳定, 8、9 圈层的均匀程度有较大幅度上升, 1、10、11 圈层有所下降。(5) 景观绿地⑮。1988~1998 年, 从无 (统计) 到有, 4~9、11 圈层相对均匀, 其他圈层程度较低; 1998~2008 年, 除 10、11 圈层明显不均匀外, 其他圈层的均匀程度相对较好。(6) 附属绿地⑯。1988~1998 年, 从无 (统计) 到有, 2、7、11 圈层分布不均匀; 1998~2008 年, 各圈层逐渐走向相对均匀。以上说明, 不同类型的绿色开放空间系统要素在不同梯度上均匀比指数的改变是城镇化作用强度差异的反映, 呈现出较明显的绿心距离衰减规律。生产绿地、农林地大面积缩

减, 距离绿心越近, 影响越大; 其他类型绿地在一定范围内面积有所增加, 结构趋向均衡。

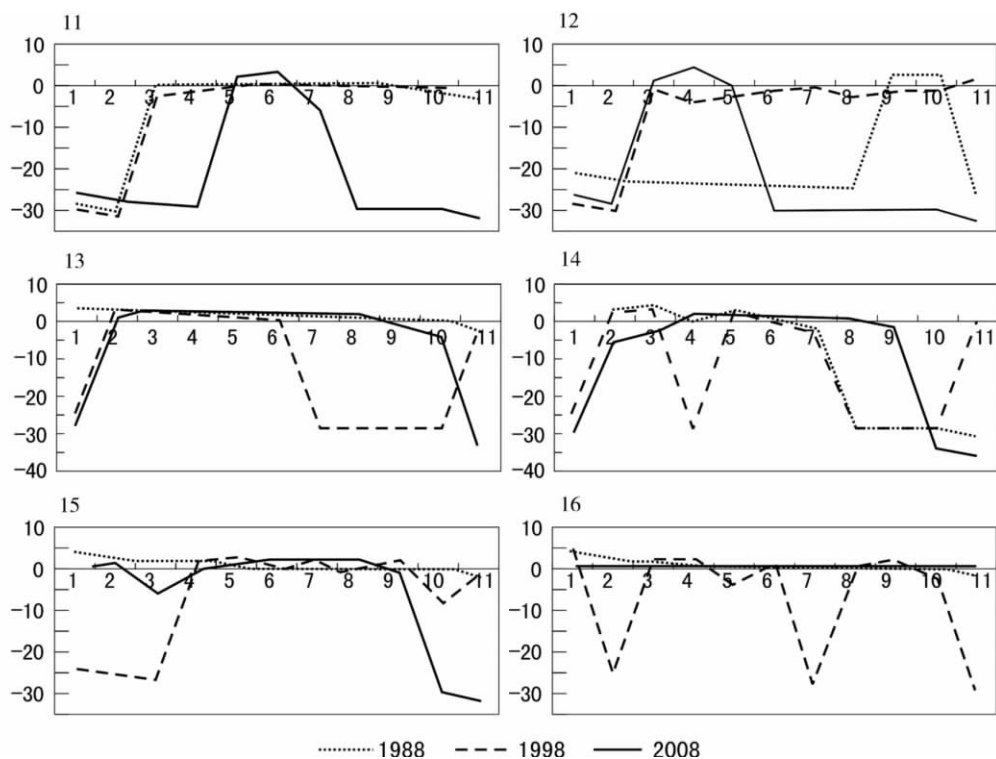


图 6 绿色开放空间各要素在不同梯度的均匀比指数

Fig 6 Evenness ratio index in different gradients for green open space system

4.3 系统绿地斑块变化

4.3.1 斑块密度变化 通过对比 3 个时期获取的采样点内的信息, 可以看出, 洛阳市区的绿地斑块密度 (PD) 在逐渐增大 (图 7)。1988 年, 市区绿地斑块密度值均较低; 1998 年, 斑块密度增大, 并逐渐向市中心区蔓延, 洛河北岸沿河地带的绿地斑块密度增大明显; 2008 年, 采样点上获取的绿地斑块信息增多, 且绿地斑块密度值也在逐渐增大, 洛河沿岸及市区西出口地带的绿地斑块密度指标较高。

4.3.2 斑块形状变化 洛阳市区绿色开放空间的斑块形状指数呈现普遍较低、局部增大的趋势 (图 8)。1988~1998 年, 绿地斑块形状指数变化不大, 少数采样点的斑块形状逐渐规则, 斑块形状指数值有所降低; 1998~2008 年, 大多数绿地斑块形状指数值仍较低, 在洛河与涧河个别地段的滨河绿地和城市西出口部分绿地, 由于地形的限制, 斑块形状指数值较高。纵观 21 年来的情况, 绿色开放空间系统的整体格局受城市规划影响较大, 绿地一般呈现出较为规则的几何形状, 斑块形状指数一直不高。

5 绿色开放空间系统的功能优化

5.1 系统服务功能评价

5.1.1 系统生态服务功能评价 绿色开放空间的生态服务功能强度可按综合指数的大小分为 4 个等级: I 优良, ≥ 0.75 ; II 较好, $0.5 \sim 0.75$; III 一般, $0.25 \sim 0.5$; IV 较差, \leq

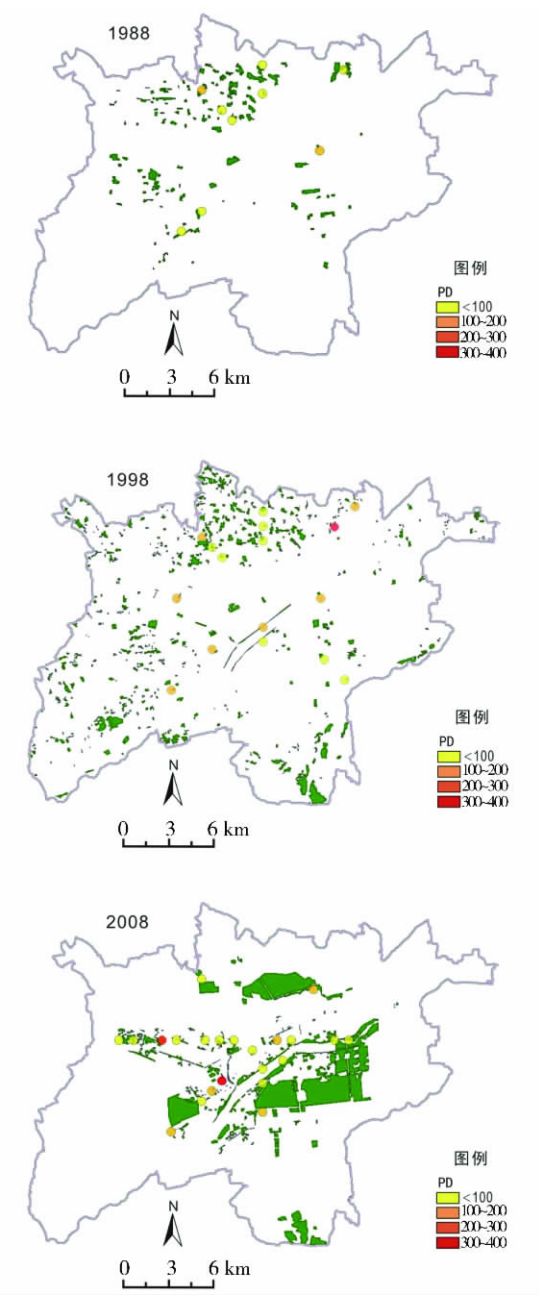


图 7 绿色开放空间系统不同时期的斑块密度
Fig. 7 Patch density of green open space system in different years

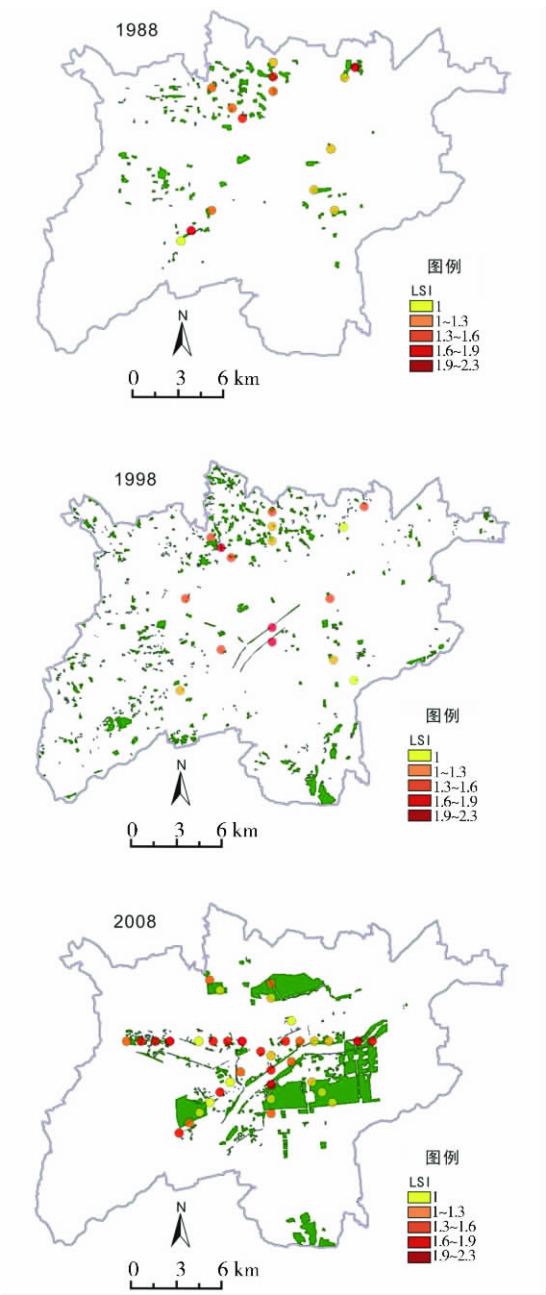


图 8 绿色开放空间系统不同时期的绿地斑块形状指数
Fig. 8 Shape index of green open space system in different years

0.25^[14,21]。经计算，洛阳市区 2008 年绿色开放空间系统的生态服务功能强度综合指数 $I_{Gj}=0.288$ ，属第Ⅲ级，一般。现阶段洛阳市区的绿色开放空间在保护市区生态环境、维持生态系统平衡、保持生物多样性等诸多方面未发挥应有的保障、支撑、促进作用。（1）建成区快速外扩、重点建设区位转移等诸多因素致使不同类型绿地的均匀比指数值差异较

大,空间结构的均衡性不理想,绿地应有的生态服务功能大打折扣。(2)生产绿地、农林地大面积缩减,尤其外围圈层鲜有分布;滨河绿地、公园绿地、景观绿地和附属绿地等居民生活需求较高的绿地面积虽有大幅增加,但结构逐渐趋向简单,类型单一、形状规则、斑块丰富度下降,削弱了生态服务功能的整体性。(3)公园绿地面积及人均公园绿地面积等两项功能强度指标偏低,现有的12个公园,几乎全部集中在主体圈层,在人口稠密的西工、涧西、老城瀍河区等洛北旧城区,公园绿地面积比例较小是制约系统生态服务功能发挥的最主要原因。(4)实践证明,由乔、灌、草组成的绿地综合生态效益最好^[24]。洛阳市区各种类型绿地植被构成比较单一,实际生态服务功能受到影响。

5.1.2 系统居民服务功能评价 借助 Huff 模型从以下方面分析洛阳市区绿色开放空间系统。

(1)绿地的实际供应能力。绿地受自身面积、与路网的结合状况、与居民点的空间位置关系等因素的影响,表现出来的供应能力有很大差别。毗邻居民点、体量较大、与路网结合紧密的绿地,具有较强的供应能力。(2)居民的实际需求。市区126个居民点访问绿地的步行出行时间平均为28.20分钟,43.65%居民点的出行时间超出平均值,居民

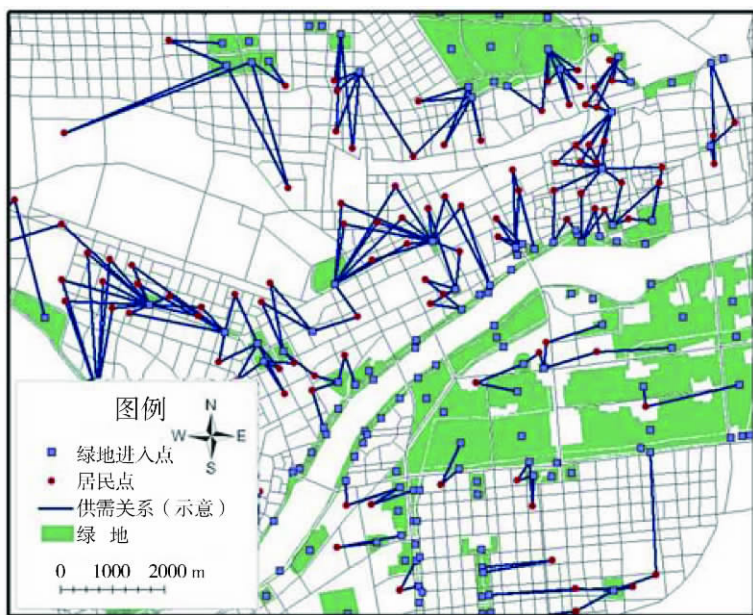


图9 居民点对绿地的最优路径选择示意图

Fig.9 Optimal paths for residents' patronage to green open space

民对绿地访问的时间成本普遍较高。(3)绿地与居民点之间的供需关系。基于道路网状况,居民访问绿地的最优路径选择因绿地与居民点的空间位置关系而差异显著(图9)。洛北城区的居民对绿地的需求非常大,但绿地设施匮乏,供不应求。反观洛南新城区,居住人口密度较低,绿地供过于求。另外,从绿地面积与其位置关系来看,供需状况同样不理想。2008年,市区绿地覆盖面积为5638hm²,但大多分布于3圈层以外,且多在洛南新区。3圈层内仅有洛浦公园、王城公园以及少量面积较小的景观绿地,居民点最为密集的1、2圈层根本没有理想的绿地游憩场所,形成了明显的“中心空洞”。绿地的大幅度增加并没有提高服务居民的实际供应能力,洛北城区的居民对绿地的需求无法得到满足。其中老城、瀍河区居民点分布稠密,是市区主要的生活功能区,但绿地仅增加了258.58hm²,且主要集中于滨河绿地和公园绿地,供需矛盾更为突出。

5.2 系统供需关系优化

5.2.1 改变人口居住模式 针对绿地供应与居民点需求在洛北与洛南两个城区之间失衡的问题,可通过降低洛北城区居民点规模、提高洛南城区的居住人口数量,改变现有的市

区居住模式, 来改善绿地设施与居民需求之间的供需关系。可以发现: 调整洛阳市区南北城区之间的居民点人口规模, 是改善居民需求与绿地供应之间关系的有效途径。

5.2.2 调整绿地分布格局 结合现场踏勘情况, 选择在內里圈层和主体圈层的适当位置添加一定的绿地斑块, 斑块数量从 192 块增至 207 块。再次输入交互式 Huff 模型中重新计算, 结果说明, 通过添加斑块数量、改变各类绿地斑块的分布格局, 绿地系统的整体供应能力有了较大幅度的提升。其中, 供应能力大于 5km 的斑块比例达到 39%, 远远高于原有的 25%, 其他斑块的构成比例维持在 15% 左右, 系统内部结构趋于合理, 对改善居民与绿地的供需关系有明显的促进作用。同时, 市区边缘的个别绿地斑块与其所处地区的路网联系不够紧密, 降低了居民对其选择的概率, 导致其供应能力有一定程度的削弱。

5.2.3 调控供需关系 叠加改变人口居住模式、调整绿地分布格局等两项优化结果, 将相应的绿地与居民点供需关系的综合调控结果可视化地表现出来 (图 10), 可以看出, 绿色开放空间的供应能力与居民点的实际需求之间的关系有了显著的改善。优化后, 洛北居民点对绿地的实际需求成本有了较大幅度降低, 增大了其出行访问的几率。洛南的绿地斑块面积较大、数量较多, 但现有的居民点大多布局在洛龙区的边缘地带、过渡地带, 路网稀疏, 与绿地斑块的空间位置关系不够合理, 居民对绿地设施的需求成本大多未降反增。因此, 洛北居民向洛南的有序搬迁, 洛南大量增加小面积的社区绿心、选择适当位置加密居民点、改善路网结构等, 应是调控供需关系的关键举措。

5.3 系统布局结构优化

5.3.1 总体布局结构框架 洛阳市区绿色开放空间系统的总体布局结构设计为“一心三环、四带三轴、三山四楔” (图 11), 构建“绿心+放射+网络”结构, 形成要素组成结构完整、空间形态结构合理、整体生态功能强大的绿色开放空间网络系统。“一心”是作为城市绿心的隋唐城遗址植物园。“三环”分别指外环、中环、内环等 3 个椭圆形绿带圈层, 外环是邙山、秦岭一周山、龙门山生态防护屏障和伊河生态防护林体系构筑的共同体; 中环以洛阳绕城高速公路、连霍高速、二广高速等环城高速公路防护绿带为主; 内环由中州渠、胜利渠及老城区护城河滨河绿地组成。“四带”指流经市区的涧河、瀍河、洛河、伊河等四条河流两岸的以滨河绿地为主的沿河风光带。“三轴”是历史轴、景观轴和时代轴, 历史轴指由洛河和 310 国道将多座古代都城串联起来的 30km 东西向轴线内的 5 座古代都城遗址以及金、元洛阳旧城和现代洛阳城; 景观轴从邙山上清宫到龙门石窟, 是南北向的景观轴线, 集中了市区的历史文化遗迹和人文景观; 时代轴是南北向的烈士陵园—洛浦公园电视塔—洛南新区行政中心的现代城市中轴线。“三山”指环绕市区外围的邙山、秦岭一周山、龙门山。“四楔”, 是结合主导风向及大气污染源形成的涧河、涧河水源地楔形绿地, 以及依据自然地势形成的周山森林公园、龙门山森林公园楔形绿地。

5.3.2 布局层次 洛阳市区绿色开放空间系统的布局包括 4 个层次。(1)“绿环围绕”, 指环绕市区外围的生态防护绿化圈, 以邙山、秦岭一周山、龙门山等天然屏障为生态依托, 构成市区最外层的生态保护平台。(2)“绿廊穿插”, 指根据山脉、河流、交通线路构建的绿色骨架, 围绕中州路、九都路、古城路、开元大道、王城大道、龙门大道等主要交通轴线和重要的城市景观, 以人的视觉感受和时空感知为基础, 形成绿色走廊框架。(3)“绿点均布”, 指各类绿地广泛而均匀地分布在市区内部的不同方向、不同梯度, 形成市级、区级、社区级等 3 级结构完备的公共绿地体系。(4)“绿色基质”, 由大量存在的景观绿地和附属绿地组成无处不在的绿地基质。四个层次相互融合, 各象限、各圈层绿地实现

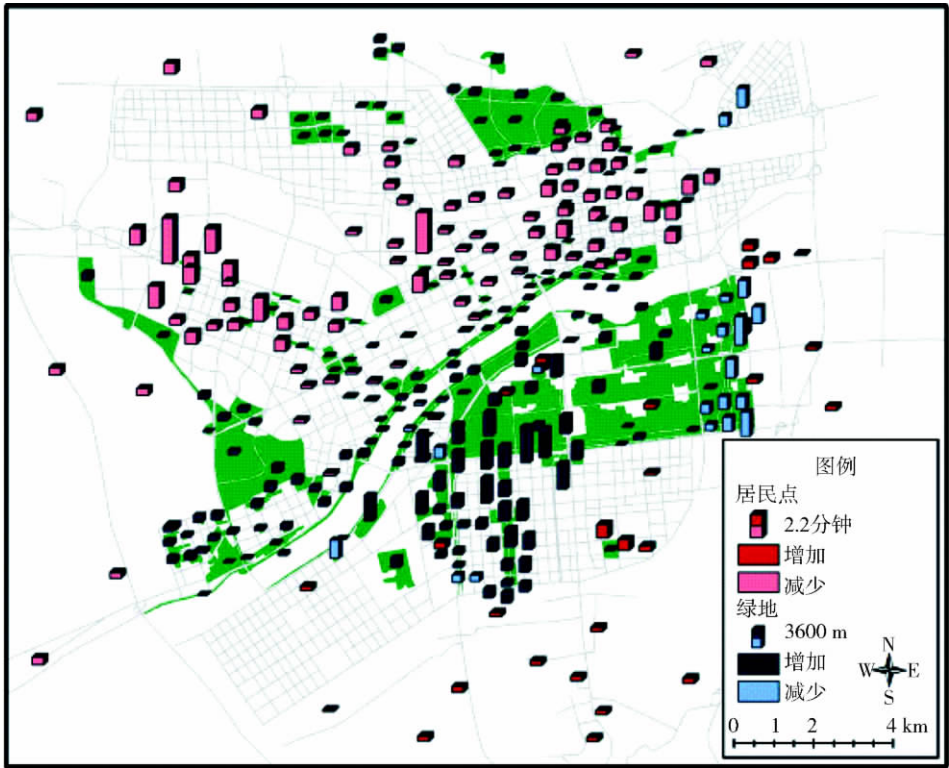


图 10 绿色开放空间与居民点供需关系的综合调控结果

Fig. 10 Result of comprehensive optimization of demand and supply of green open space

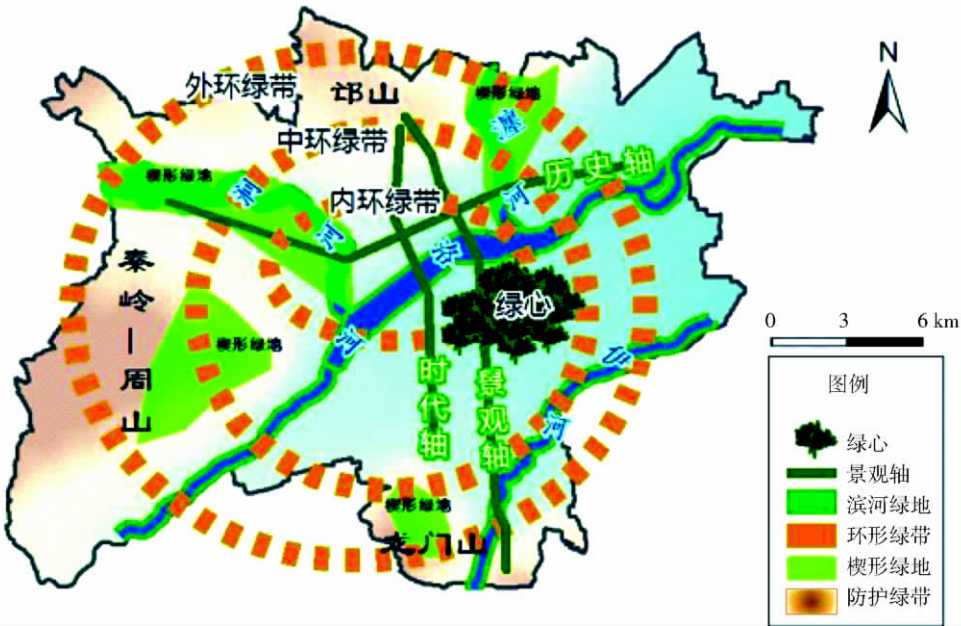


图 11 绿色开放空间系统总体布局结构图

Fig. 11 Overall pattern of green open space system

一体化,全方位、多层次打造城市生态系统的绿色廊道和大地景观。

5.4 绿地要素优化

5.4.1 公益性绿地 洛阳市区的滨河绿地、景观绿地、附属绿地为纯粹或有限制的公益性绿地。其优化措施为:(1)滨河绿地。洛河南北两岸在原有洛浦公园基础上修建100~200m绿带,配合洛河水体、周边水域共同组成贯穿市区的绿色廊道。伊河沿岸开发100m绿带,以涵养河流水质为根本,融合市区景观与龙门山色,缓解市区热岛效应。涧河、瀍河岸边营造20~50m的乔、灌、草结合的立体绿带,保护河流堤岸。中州渠、胜利渠等人工渠道两侧建设20m以上的绿带,构建立体化的绿色自然廊道网络。(2)景观绿地。在综合、专类公园附近,结合局部用地特征,修建雕塑、建筑小品、人工水景等。洛北城区须综合考虑路网、商厦与居民点的关系,尽可能多地增加景观绿地的数量,并通过人工水景与蓝色开放空间呼应。洛南城区应统一规划、设计、建设景观绿地,注重绿色、灰色、蓝色等不同类型开放空间的有机组合。(3)附属绿地。居住附属用地重点处理好建筑与绿地的关系,开辟具有空间认知特征和共生性的居住环境,造景与健身服务相结合。道路附属绿地突出洛阳的自然人文景观特色,保持街道景观的连续性和序列性,形成动静交融的绿色流动空间。单位附属绿地推行绿地开敞化理念,尽可能与非专属绿地融合,严格执行单位绿地率标准。

5.4.2 效益性绿地 洛阳市区的生产绿地、农林地和公园绿地属于讲究经营效果的效益性绿地。(1)生产绿地。推动园林系统采用合作、租赁等多种方式扩大绿地面积,增加市区外围西部、北部、西北部的丘陵、山地区的种植用地量,逐步提高绿化苗的供应能力。突出洛阳牡丹特色与优势,加快产业化、商品化、专业化,扩大牡丹基因库、国花园等科技含量较高的种植园规模。利用邙山水土肥厚的有利条件,在隋唐城遗址内开辟一定规模的生产绿地,适当开发南部山区的生产绿地种植产业,同时完善市区外围的生态防护体系。(2)农林地。合理引导充当城市组团隔离带的农林地有序地向防护绿地转变,充分发挥其生态调控功能。在邙山、秦岭一周山、龙门山的外围圈层以及城乡结合部等地,建设环形闭合的生态防护林地。在退耕还林用地上大量种植保持林、经济林和风景林,融入市域的防护林体系,形成市区外围森林环抱的优美景观。(3)公园绿地。构建三个层次的公园绿地系统,市级综合公园突出其规模效应和综合性,市级专类公园突出其内容的独特性,社区级公园、游园满足均衡分布的基本要求。因地制宜,挖掘用地潜势,依托道路网络和结点建设带状公园和小型游园,发挥遍在性特色,以更广泛地服务于居民的日常生活。科学设计各类公园绿地间的不同组合形式,按500m的服务半径均匀布置社区公园、带状公园和街旁游园,形成最贴近居民生活的绿色开放空间。

6 结论与讨论

本文的主要结论为:(1)1988~2008年,洛阳市区滨河绿地、公园绿地、景观绿地、附属绿地面积逐渐增加,生产绿地、农林地大幅度减少。2~5象限和4~8圈层绿地增加显著,7、8象限和1、2、10圈层绿地面积较少。(2)各象限、各圈层不同种类绿地的均匀比指数变化、差异很大,只有6象限、5圈层相对稳定且均匀性较高,滨河绿地、公园绿地、景观绿地和附属绿地的均匀性逐渐改善。(3)绿地斑块密度逐渐增大,洛河沿岸及市区西出口地带的绿地斑块密度指标较高。斑块形状指数普遍较低、局部增大,受城市规划的影响,绿地一般呈现出较为规则的几何形状。(4)2008年绿色开放空间系统的生态

服务功能强度综合指数等于 0.288, 属第Ⅲ级, 功能水平一般。居民访问绿地的时间成本普遍较高, 洛北、洛南城区绿地与居民的供需关系均不协调。(5) 设计总体布局结构的框架为“一心三环、四带三轴、三山四楔”, 包含“绿环围绕、绿廊穿插、绿点均布、绿色基质”等四个布局层次。改变人口居住模式、调整绿地分布格局。采取各种措施优化公益性绿地和效益性绿地的面积、布局与功能。

以下问题值得进一步探讨: (1) 不同类型的绿地应有怎样的种植搭配和布置形态? (2) 绿色开放空间与灰色、蓝色开放空间如何通过协调、互补、交汇而融合为一体化的城市开放空间系统? (3) 推动绿色开放空间系统结构与功能优化的关键动力机制是什么? (4) 功能优良的绿色开放空间系统在营建“低碳城市”中能够发挥什么作用? 这些问题的研究与解决, 一定能使城市开放空间系统的学术境界上升到一个新的高度。

参考文献:

- [1] 沈德熙,熊国平. 关于城市绿色开敞空间. 城市规划汇刊,1996,(6):7~11.
- [2] 卢济威,郑正. 城市设计及其发展. 建筑学报,1997,(4):4~8.
- [3] 余琪. 现代城市开放空间系统的建构. 城市规划汇刊,1998,(6):49~56.
- [4] 王发曾. 论我国城市开放空间系统的优化. 人文地理,2005,20(1):1~9.
- [5] 房庆方,宋劲松,马向明,等. 营造开放空间,提高城市品质. 城市规划,1998,22(6):33~38.
- [6] Lindsey G. Use of urban greenways: Insights from Indianapolis. Landscape and Urban Planning, 1999,(45):145~157.
- [7] Salvador del Saz-Salazar, Pau Rausell-Koester. A Double-Hurdle model of urban green areas valuation: Dealing with zero responses. Landscape and Urban Planning, 2008,(84):241~251.
- [8] 周晓娟. 西方国家城市更新与开放空间设计. 现代城市研究,2001,(1):62~64.
- [9] 洪亮平,刘奇志. 武汉市城市开放空间系统初步研究. 华中建筑,2001,19(2):78~81.
- [10] 宗跃光. 大都市空间扩展的廊道效应与景观结构优化——以北京市为例. 地理研究,1998,17(2):119~124.
- [11] John F,David J, Noble M H. Connecting people with Ecosystems in the 21st Century: An Assessment of Our Nation's Urban Forests. General Technical Report-pacific Northwest Research Station, USDA Forest Service, U. S. Department of Agriculture,2000.
- [12] 王欣,沈建军. 建设有活力的绿色空间网络——浅谈 21 世纪城市绿地系统. 浙江林业科技,2001,(5):53~55.
- [13] DTLR. Green Spaces,Better Places. Report of the urban green spaces taskforce,2002.
- [14] 王胜男. 城镇化进程中洛阳市区开放空间系统的分析与优化. 开封:河南大学博士学位论文,2010.
- [15] Frenkel A. The potential effect of national growth-management policy on urban sprawl and the depletion of open spaces and farmland. Land Use Policy, 2004,(21):357~369.
- [16] 尹海波. 城市开敞空间——格局·可达性·宜人性. 南京:东南大学出版社,2008.
- [17] 易奇,赵筱青,陈玉妹. 生态城市建设中的绿地系统问题研究——以昆明市为例. 经济地理,2001,21(3):310~314.
- [18] 郭荣朝,顾朝林. 生态城市空间结构优化组合模式及应用——以襄樊城市为例. 地理研究,2004,23(3):292~300.
- [19] 王发曾. 洛阳市双重空间尺度的生态城市建设. 人文地理,2008,23(3):49~53.
- [20] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京:高等教育出版社,2000.
- [21] 王如松,胡聃,王祥荣,等. 城市生态服务. 北京:气象出版社,2004.
- [22] 李猛. 交互式 Huff 模型的实现. 开封:河南大学硕士学位论文,2009.
- [23] 王胜男,李猛. 基于 Huff 模型的洛阳市绿地系统优化设计. 城市规划,2010,(4):49~54.
- [24] 陈自新,苏雪痕,刘少宗,等. 北京城市园林绿化生态效益的研究(2). 中国园林,1998,14(2):51~54.

Dynamic evolution and optimization of green open space in Luoyang

WANG Fa-zeng¹, WANG Sheng-nan^{1,2}, LI Meng^{1,3}

(1. College of Environment & Planning, Henan University, Kaifeng 475001, Henan, China;

2. School of Social Development, Sanya College, Sanya 572022, Hainan, China;

3. Development of Geography and Planning University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada)

Abstract: Optimization of green open space plays a significant role in achieving sustainable development of ecological cities. Green open space system in Luoyang consists of 6 categories: product green area, farmland and forest, riparian area, garden, road landscape area and auxiliary green area. By using landscape pattern analysis, Structure Evenness Radio Index, Ecological Intensity Index, and Huff model, the paper examines the dynamic changes in area, shape and distribution of the green open space from 1988 to 2008. It evaluates service capacity of the green open space system before spatial distribution and demand-supply condition is optimized. Results are shown as follows. 1) For the 20 years there is an increase in riparian areas, gardens, road landscape areas and auxiliary green areas, while a decrease in product green area, farmland and forest. Green space is abundant in Quadrants 2-5 and Rings 4-8, and less in Quadrants 7 and 8 and Rings 1, 2, and 10. 2) There are significant differences in Evenness Radio of all quadrants and rings. However, Quadrant 6 and Ring 5 show stable Evenness Radio, indicating gradual improvement of green space distribution in riparian areas, gardens, road landscape areas and auxiliary green areas. 3) There is a notable increase in density of green patches, with areas along the Luohe River and west fringe of the city having the highest value. Many green patches have low Shape Index, though some regions see an increase. The patches generally display regular geometry shapes, which are obvious products of urban planning. 4) Ecological Serving Intensity Index of 2008 is 0.288, and falls into Class III, being an ordinary level. Time costs for local residents visiting green open space are high. Demand and supply of green space service are out of balance for both the northern and southern parts of the city. 5) The frame of overall design for green open space system optimization is "1 center with 3 rings, 4 belts with 3 axes, and 3 mountains with 4 wedges". The four levels of optimizing distribution pattern are "green rings revolving, green corridors interweaving, green dots interspersing and green background extending". Residence location and green space distribution need to be modified to find the balance in demand and supply of green space. Concrete measures should be taken to optimize the distribution and functionality of public open green system.

Key words: green open space system; evolution; optimization; Luoyang