

基于 GIS 的兰州市安宁区城市森林服务效应分析

田晓春¹,刘学录^{1*},任君¹,房乃阳²

(1. 甘肃农业大学 资源与环境学院,甘肃 兰州 730070;2. 神华准能大准铁路公司,内蒙古 准格尔旗 010399)

摘要:采用 2014 年的 landsat7 卫星影像资料,对安宁区的城市森林斑块分布及其一定服务距离下的生态服务效应和合理布局进行了分析。结果表明:1)2014 年安宁区城市森林斑块总数为 17 个,斑块密度为 14.16,城市森林空间分布不均匀,主要分布于研究区的中部和东部。2)在 500、1 000、2 000 m 服务距离下,城市森林服务的居民点斑块数及面积比例分别为:49 个,31.92%;113 个,60.97%;155 个,78.92%。3)从不同服务条件下的重叠面积来看,最大重叠比例为 71.82%,表明居民具有较大的可选择性。4)模拟发展后,不同服务半径下的居民点斑块数和面积比例分别为:63 个,38.02%;139 个,75.39%;183 个,96.18%。城市森林斑块的服务效应显著提高。

关键词:城市森林;服务效应;潜力点;兰州安宁区

中图分类号:S718.5

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2017)04-0313-06

Analysis on service effect of urban forests based on Gis in Anning district of Lanzhou

TIAN Xiao-chun¹,LIU Xue-lu^{1*},REN Jun¹,FANG Nai-yang²

(1. Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Shenhua Zhungeer Energy Railway Company, Zhungeer, Inner Mongolia 010399, China)

Abstract: As the main regulator of urban ecosystem, the urban forest has played an important role in the entire ecosystem sustainable development. The distribution, service effect under the certain distance of service, and reasonable layout of urban forest patches were analyzed with landsat7 satellite image data in 2014 in Anning district of Lanzhou. Results show that: 1) In 2014, the total number of urban forest patches were 17, patch density were 14.16, The urban forest spatial distribution was not uniform, mainly distributed in the central and eastern part of the study area. 2) Within the 500m, 1000m, 2000m service distance, the number of patches and area ratio of Urban Forest Services were: 49, 31.92%; 113, 60.97%; 155, 78.92% respectively. 3) According to the overlapping area of different service conditions, the maximum overlap ratio was 71.82%, which indicated that the residents could have more choices. 4) After the potential urban forest patches developed, the number of residential quarter urban forest patches and area ratio within different service radius would be: 63, 38.02%; 139, 75.39%; 183, 96.18%, respectively. The service effect of urban forest patches would be significantly improved.

Key words: urban forests; service effect; potential patches; Anning District of LanZhou

城市森林(urban forest)和城市森林生态学(urban forest ecology)是在城市化快速推进、城市环境质量日益恶化的背景下产生的^[1]。L. Tyrvaïnen^[2]等主要从净化空气、降低噪音以及休闲游憩价值等方面进行了分析评价。我国城市森林的研究起

步较晚,主要集中于城市森林对大气污染物及大气颗粒物的净化、吸滞作用^[3],以及城市森林的生态保健功能及对大气颗粒物的调控作用^[4-6]等方面。黄少卫^[7]等、潘竞虎^[8]的研究表明:城市森林对于降低热岛效应以及增加空气湿度值具有明显作用,且绿

收稿日期:2016-12-26 修回日期:2017-01-25

作者简介:田晓春,女,硕士研究生,研究方向:景观生态学。E-mail:511484340@qq.com

*通信作者:刘学录,男,博士生导师,研究方向:土地资源管理与景观生态学。E-mail:liuxl@gsau.edu.cn

地斑块面积的大小与城市生态环境也有着直接的影响。城市森林以森林和绿化树木为主体,面积 $>0.5 \text{ hm}^2$,并与其周围环境所构成的具有明显生态价值和人文景观价值的各种生物和非生物的综合体^[9-10]。随着城市化的不断推进,自然生态系统已经与人类社会系统高度融合、相互影响,而其生态服务效应既是两者之间的纽带,又是自然生态系统对人类效用的最终表现^[11],其职能的发挥与一定空间范围内其所能辐射到的居住组团关系密切^[12]。分析研究城市森林的景观格局及其生态服务价值评价,并对 14 类服务功能价值大小进行排序是学者们近期关注和研究的热点^[13-15]。其中,社会服务类中的游憩休闲及文化教育较为重要,但是相关研究较少。本研究从空间上入手,对其服务效应进行分析并模拟潜力斑块规划,进行预测发展研究。

本研究以兰州市安宁区为例,运用人机交互目视解译法和 ArcGis9.3 软件空间分析功能,分析安宁区城市森林斑块的分布,探索研究区范围内城市森林的合理布局,利用 ArcGis9.3 的缓冲区分析模块,在 500、1 000、2 000 m 的服务距离下,分析其所能覆盖到的居民点;对其服务效应进行分析并模拟潜力斑块规划,为今后城市森林合理规划设计、空间布局优化、城市森林建设提供依据。

1 研究区概况

安宁区地处兰州市近郊西北区,黄河北岸,是兰州市四大核心城区之一。地理位置 $103^{\circ}34' - 103^{\circ}47'E, 36^{\circ}5' - 36^{\circ}10'N$,地势由西北向东南倾斜,海拔 $1\ 517.3 \sim 2\ 067.2 \text{ m}$,相对高差 550 m,属于中温带气候区,内陆性气候特征明显,四季明显,光照充足,气候干燥。

安宁区总面积 86.93 km^2 ,全区森林覆盖率达 42%,绿化覆盖率达 36.07%,人均公共绿地面积 12.89 m^2 ,生态建设取得突破性进展,生态服务功能日趋完善,被全国绿化委员会评为“全国绿化模范区”。

2 材料与方法

2.1 数据来源

以兰州市 2014 年的 landsat7 卫星影像为数据源,少量云层覆盖,影像质量良好。首先利用遥感图像处理软件 Erdas9.2 对卫星影像进行几何校正、辐射校正、波段融合、投影变换、监督分类和数据裁剪等图像预处理,并利用 ArcGis9.3 建立矢量数据库,利用人机交互解译法,结合研究区实地情况筛选得出研究区城市森林斑块图,经 Erdas9.2 精度评价模块评价解译精度为 0.91,满足精度分类要求。并参

考兰州市土地利用现状分类数据,对所得图像进行对比校准。

2.2 研究方法

2.2.1 景观指数的选取 结合研究区现状以及研究目的,主要选取斑块面积(CA)、斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、聚合指数(AI) 5 个景观指数。利用景观软件 Fragstats3.3 计算相关指数。

2.2.2 服务效应的划分 以矢量化后的安宁区城市森林图层与居民用地图层为基础,依照城市森林服务性质,将城市森林斑块分为专题公园、综合性公园、社区绿地、景点林地、专类植物园、街边绿地 6 类。相关研究认为,综合公园、社区绿地和街边绿地的服务半径为 800、500、200 m^[16],但从生态服务功能作用来说,达到一定面积(0.4 hm^2)的公共绿地的服务半径可扩大为 $1\ 000 \sim 2\ 000 \text{ m}$ ^[17],因此城市森林斑块的服务半径可由此扩大。结合研究区东西狭长,南北较窄的地形条件,将服务半径矫正为 500、1 000、2 000 m。利用 ArcGis9.3 中的缓冲区模块法,建立 500、1 000 以及 2 000 m 服务距离下的缓冲区域,并利用 Excel 分类统计其所得数据以及整体服务比例。根据现状绿地斑块,确定其具有发展潜力的绿地斑块即潜力点,以此为基础,进行拟发展分析。

$$K = \frac{S_i}{S_a} \quad (1)$$

式中, S_i 为服务距离为 i 时,所覆盖的居民点面积, i 取值 500、1 000、2 000, K 值越大说明其生态服务效应越强; S_a 为总居民点面积;参照国内外指数分级方法及城市绿地生态服务功能大小分级标准,建立城市森林服务效应分级标准:

定性评价	服务比例(%)	等级
服务效应优良	≥ 70	I
服务效应较好	50~70	II
服务效应一般	30~50	III
服务效应差	≤ 30	IV

3 结果与分析

3.1 景观特征分析

从主要绿地景观要素分析来看(表 1),研究区整体绿地斑块数目较多,面积较小且分布较为分散,破碎化程度较高,缺乏以城市森林斑块为主的大型绿地。从景观形状指数来看,安宁区整体斑块形状较为复杂,受人为影响作用较大,其中道路以及街边绿地的景观形状指数较高。由聚合指数可知,虽然

城市森林斑块数目较少,但其面积较大,空间距离随之减小,空间聚合度提高。

3.2 城市森林斑块空间分布特征

从城市森林斑块空间分布来看(表 2),研究区城市森林斑块总共 17 个,斑块密度为 14.18。其中专题类公园 4 个,所占比例较高,达到 37.92%。主要有寓言故事园、廉政文化主题公园、银滩湿地公园、安宁区体育公园等。其次是以仁寿山公园与兰州市植物园为代表的景点类林地与专题类植物园,

表 1 研究区主要景观组分类型

Table 1 The main types of landscape elements in the study area

组份	面积 /hm ²	比例	斑块数量/个	比例/%	斑块密度	景观形状指数	聚合指数
绿地	267.51	6.82%	333	33.60	124.48	16.24	66.31
城市森林	119.88	3.06%	17	1.72	14.18	5.73	88.17
水域	98.69	2.52%	3	0.30	3.04	15.60	52.53
道路	506.83	12.93%	7	0.71	1.38	29.03	52.51
居民点用地	773.35	19.72%	154	15.54	19.91	14.24	81.37

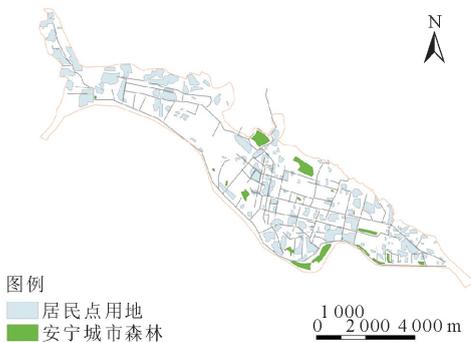


图 1 安宁区城市森林斑块空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of urban forest patches in Anning district

3.3 城市森林在不同服务距离下的服务效应分析

由图 2 至图 5 可知:在 500 m 服务距离下,城市森林服务效应较差。以寓言故事园、银滩湿地公园等为主的专题公园服务功能最好,服务比例约为 12.90%,其次为社区绿地与街边绿地,它们的服务比例也仅将近 10%。而专类植物园的服务比例相对较低,不足 1%。与此相同的为景点林地,服务比例也仅为 5.74%。这与两处森林斑块的地理位置有关,以仁寿山公园、兰州市植物园为主的两处城市森林斑块均位于安宁区刘家堡北部,建成区北边界,居民点多较为分散,因此其服务比例较低。

1 000 m 服务距离下,研究区中部以及东部区域的服务效应明显增强,其中,专题公园与街边绿地的服务比例分别为 26.64%、24.60%,这两者服务比例增高多是由于其多为黄河风情线景观,由于风情线与安宁区整体经济快速发展的影响,北滨河一侧的居住用地迅速扩张,所以在 1 000 m 服务距离

面积比例均超过 20%。面积比例较少的为综合性公园及街边绿地,其面积比例均不超过 10%,主要有长风公园、丁香园等。综合来看,由于黄河风情线的影响,以主题类公园的斑块数目及面积所占比例最大,其对生态价值及人文价值有着重要的影响。从研究区城市森林斑块分布来看(图 1),大部分城市森林斑块集中于北滨河路一侧,其次为仁寿山公园及兰州市植物园一带,越靠近西北部沙井驿方向分布越少。

内,所能到达的居民点增加较多。景点林地与专类植物园的服务效应较弱,其服务比例仍不足 10%,其中,专类植物园的比例仅为 1.8%,相对较差。

表 2 安宁区城市森林斑块类型特征

Table 2 Characteristics of urban forest patch types in Anning district

城市森林斑块类型	斑块数量	面积 /hm ²	斑块密度 / (个 · 100 hm ⁻²)	比例 /%
专题公园	4	45.49	3.33	37.92
综合性公园	2	3.26	1.67	2.72
社区绿地	4	13.80	3.33	11.50
景点林地	1	24.35	0.83	20.30
专类植物园	1	26.63	0.83	22.30
街边绿地	5	6.42	4.17	5.35
研究区	17	120.00	14.16	100.00

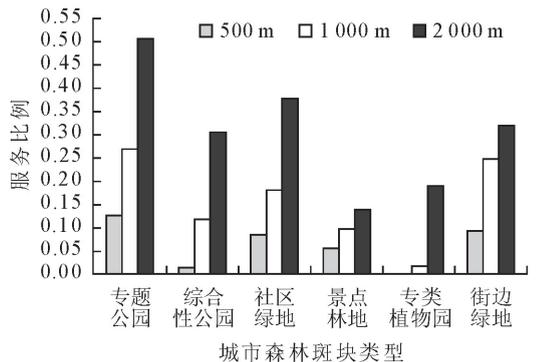


图 2 不同服务范围下城市森林的服务效应情况

Fig. 2 The ecological service situation of urban forest in different service radius

将服务距离扩大至 2 000 m 时,研究区范围内所有的城市森林斑块的服务效应都有了很大的提高,景点林地与专类植物园的服务比例均超过 10%,其中专类植物园的服务比例为 19.02%。这由其两者周边

居民点分布有一定的关系,2 000 m 范围内,专题公园的服务比例超过 50%,生态服务效应较好,其次为综合性公园,社区绿地以及街边绿地。



图 3 500 m 服务距离下城市森林的服务效应情况

Fig. 3 The ecological service situation in 500 service radius



图 4 1 000 m 服务距离下城市森林的服务效应情况

Fig. 4 The ecological service situation in 1 000 service radius

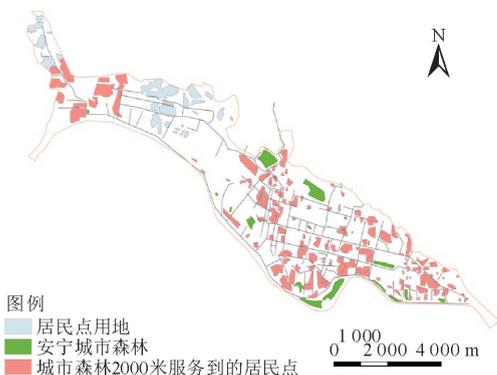


图 5 2 000 m 服务距离下城市森林的服务效应情况

Fig. 5 The ecological service situation in 2 000 service radius

将其研究区内的城市森林斑块作为一个整体可知,其服务比例见表 3:在服务距离 500 m 时,研究

区内的森林斑块的整体服务比例为 31.92%,服务效应一般,1 000 m 服务距离下,服务比例为 60.97%,服务效应明显增强。将其扩增至 2 000 m 的情况下,服务比例为 78.92%。以时间距离推算,居民普遍能接受的出行距离为 1 200 m,研究区现状中,最大服务距离下,城市森林的生态服务也无法辐射全部居民点^[14]。结合研究区地理数据分析,造成这一结果主要是因为其地形条件的影响。安宁区沿黄河北滨河呈东西走向,南北较窄,西部经济发展也较为缓慢,所以其研究区西部的生态服务功能也较弱,起主要作用的城市森林斑块多位于安宁区中部以及东南部。因此,应加强西部居民点周边的绿化环境,使其研究区范围内的整体生态服务效应得到有效的改善与提高。

表 3 整体森林斑块的生态服务情况

Table 3 Ecological service of the whole urban forest patch

服务范围/m	服务斑块数量	面积/hm ²	比例/%
500	49	247.09	31.92
1 000	113	472.02	60.97
2 000	155	610.98	78.92

由于公共绿地的布局影响,不同服务距离下均有重叠覆盖居民点(表 4),500 m 服务距离条件下,重叠居民点 11 处,重叠面积 40.16 hm²,占其所服务居民点面积的 16.25%,1 000 m 和 2 000 m,其重叠居民点分别为 45 处和 185 处,分别占服务居民点面分别 35.13%、71.82%。研究区中部及东部地区城市森林斑块分布较多,在不同服务距离下,重叠居民点较多,其生态服务效应较强,西北部斑块分布少,几乎无重叠居民点,服务效应较弱。且根据服务距离标准,城市森林斑块的服务半径均可达到 2 000 m,因此,重叠区域居民点具有多向选择性,其生态环境也相应较好。

表 4 不同服务距离下重叠居民点情况

Table 4 The situation of overlapping settlements under different service distance

服务范围/m	重叠斑块数	重叠面积/hm ²	比例/%
500	11	40.16	16.25
1 000	45	165.84	35.13
2 000	185	438.79	71.82

3.4 拟发展后的城市森林服务效应分析

邬建国^[18]认为土地利用格局以及景观格局的优化可通过对原有景观要素的优化组合或重新引入新的成分,以此来调整或者构建新的景观格局,创造出优于原有景观生态系统的综合服务效应^[18]。以现状城市森林斑块与研究区整体绿地斑块为基础,结合服务效应强弱,引入潜力点斑块,潜力点拟建于

沙建东路以西和杏林村两处。选择 2 处斑块面积较大或者接近城市森林斑块的绿地(0.42、0.39 hm²) 发展其成为有效的森林斑块,增强区域整体生态服务效应。

以拟发展潜力点计入整体服务性计算(图 6、图 7、图 8,表 5),500 m 服务距离下,安宁区西部沿北滨河一带服务比例情况得到有效缓解,其整体服务比例增加 7%。1 000 m 服务距离下,其整体服务比例增大至 75.39%,整体服务效应达到潜力点拟发展前 2 000 m 服务距离下的服务效应。在 2 000 m 服务距离下,研究区内 96.18%的居民点均可以获得森林斑块的生态服务性。因此,建议在杏林村以及沙建东路以西合理选取有效潜力点,建立一定面积的森林斑块生境。

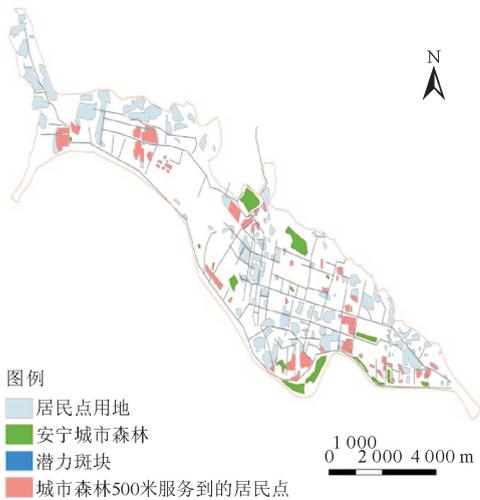


图 6 拟发展后 500 m 服务距离下森林斑块的服务情况
Fig. 6 The ecological service situation in 500 service radius

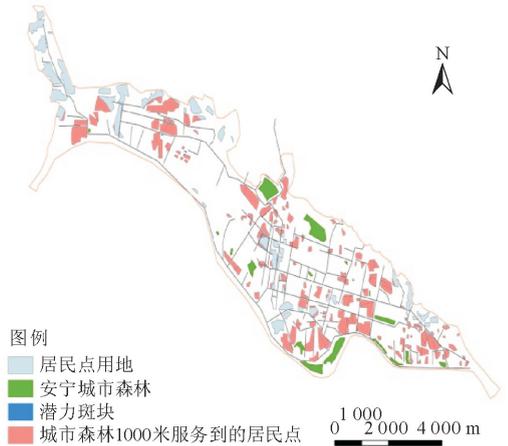


图 7 拟发展后 1 000 m 服务距离下森林斑块的服务情况
Fig. 7 The ecological service situation in 1 000 service radius

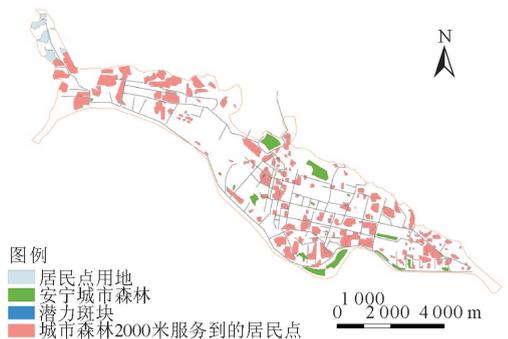


图 8 拟发展后 2 000 m 服务距离下森林斑块的服务情况
Fig. 8 The ecological service situation in 2 000 service radius

表 5 拟发展后整体森林斑块的服务效应情况

Table 5 Ecological service of the whole urban forest patch after the potential patches developed

服务范围/m	服务斑块数量	面积/hm ²	比例/%
500	63	294.31	38.02
1 000	139	583.61	75.39
2 000	183	744.58	96.18

4 结论与讨论

1)安宁区城市森林斑块基本分布于北滨河路两侧,研究区中部的森林斑块多为绿化较好的园林小区与单位,最大的城市森林斑块仁寿山公园位于建成区北部边界,西北部区域的整体绿化较差,森林斑块较少。研究区城市森林斑块的斑块密度为 14.18。森林斑块数目较适宜,但是其空间分布不均匀,因此造成其斑块密度较小,整体斑块服务功能效应不均衡。

2)在不同服务距离下,专题公园、社区绿地以及街边绿地的服务效应较强,500 m 服务距离条件下,专类植物园的服务效应最差,仅为 0.38%;1 000 m 服务距离下,所有类型斑块的服务能力均有所增强,其中街边绿地服务功能增强效果较为明显,提高了 15.1%;2 000 m 服务距离下,虽已经到达普遍人群的出行距离,但服务功能最好的专题公园斑块服务比例仅为 50.44%。

3)将城市森林斑块作为整体而言,500 m 服务距离下,生态服务比例仅为 31.92%,1 000 m 与 2 000 m 服务半径下,城市森林斑块的服务比例分别为 60.97%、78.92%,生态服务能力无法辐射到整个研究区,整体服务效应有待提高。且由于布局原因,不同服务距离下均有居民点重叠,2 000 m 服务距离下,重叠比例为 71.82%,此区域下的居民有较多可选性。

4)增加拟发展潜力点后表明:500 m 服务距离下,研究区整体服务比例为 38.02%,较之前提高了 6.1%,1 000 m 和 2 000 m 服务距离下,其服务比例分别提高了 14.42%与 16.26%。在服务距离最大标准下,其服务比例达到 96.18%,全区城市森林斑块的服务效应良好。

城市森林的分布格局、城市森林类型以及斑块

面积的大小均对城市生态环境有一定影响^[19-21]。本研究结果表明,不同服务半径下城市森林斑块服务效应大小与其空间分布和规模密切相关,规模最大的专题公园(45.49 hm²)具有最大的服务比例(37.92%),而面积最小的综合性公园(3.26 hm²)服务比例也最低(2.72%)。另外,在城市用地蔓延式扩张的今天,绿地格局优化成为城市绿地系统规划发挥更大效益的重要途径之一^[22]。从拟发展分析结果看,将拟发展潜力点作为森林斑块后,研究区的整体服务效应显著增强。因此,从创建森林城市的出发点看,进一步优化城市森林的空间布局,适当增加规模。在此基础上,城市森林树种种类及配置规则对维持其生态多样性及生态系统服务均有一定影响^[23]。合理衡量树木种类,适当增加树冠较大的常绿、耐寒、耐旱树种,完善其休闲、健身等配套设施,是发挥城市森林斑块的自我生态服务效应和社会服务功能的可行措施。

参考文献:

- [1] 何兴元,金莹杉,朱文泉.城市森林生态学的基本理论与研究方法[J].应用生态学报,2002,13(12):1679-1683.
- [2] TYRVAINEN L,VAANANEN H. The economic value of urban forest amenities;an application of the contingent valuation method [J]. Landscape Urban Plant,1998(43):105-118.
- [3] 陈波,鲁绍伟,李少宁.北京城市森林不同天气状况下 PM2.5 浓度动态分析[J].生态学报,2016,36(5):1-9.
CHEN B,LU S W,LING S N. Dynamic analysis of PM2.5 concentrations in urban forests in Beijing for various weather conditions[J]. Acta Ecologica Sinica,2016,35(5):1-9. (in Chinese)
- [4] 王磊,黄利斌,万欣,等.城市森林对大气颗粒物(尤其 PM2.5)调控作用研究进展[J].南京林业大学学报:自然科学版,2016,40:1-9.
WANG L,HUANG L B,WAN X,*et al.*,Progress on the regulating effects of urban forest vegetation on atmospheric particulate matter (especially PM2.5)[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition,2016,40:1-9. (in Chinese)
- [5] 王晓磊,王成.城市森林调控空气颗粒物功能研究进展[J].生态学报,2014,34(8):1910-1921.
WANG X L,WANG C. Research status and prospects on functions of urban forests in regulating the air particulate matter[J]. Acta Ecologica Sinica,2014,34(8):1910-1921. (in Chinese)
- [6] 张志永,叶兵,杨军,等.杭州市城市森林生态保健功能动态变化监测[J].西北林学院学报,2014,30(5):31-36.
ZHANG Z Y,YE B,YANG J,*et al.* Monitoring of dynamic changes of ecological health functions of urban forests in Hangzhou [J]. Journal of Northwest Forestry University,2014,30(5):31-36. (in Chinese)
- [7] 黄少卫,康文星,吴耀兴,等.城市森林对小气候的调节及其功能价值评估[J].中南林业科技大学学报,2010,30(1):90-94.
HUANG S W,KANG W X,WU Y X,*et al.* Functional evaluation of adjusting microclimate of Guangzhou urban forests[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2010,30(1):90-94. (in Chinese)
- [8] 潘竞虎.兰州市景观生态格局热环境效应研究[D].兰州:兰州大学,2011.
- [9] 王成,蔡春菊,陶康华.城市森林的概念、范围及其研究[J].世界林业研究,2004,17(2):23-27.
- [10] 刘常富,李海梅,何兴元,等.城市森林概念探析[J].生态学杂志,2003,22(5):146-149.
- [11] 彭建,胡熠娜,吕慧玲,等.基于要素-结构-功能的生态功能分区—以大理白族自治州为例[J].生态学杂志,2016,35(8):2251-2259.
PENG J,HU Y N,LI H L,*et al.* Ecological function zoning based on element-structure-function[J]. Chinese Journal of Ecology,2016,35(8):2251-2259. (in Chinese)
- [12] 王莉.北京城市森林生态服务功能及价值评价[D].北京:北京林业大学,2009.
- [13] 尹锴,赵千钧,崔胜辉,等.城市森林景观格局与过程研究进展[J].生态学报,2009,29(1):0389-0398.
- [14] 孙恺.基于RS的西安城市森林景观格局变化分析[D].杨陵:西北农林科技大学,2014.
- [15] 赵煜,赵千钧,崔胜辉,等.城市森林生态服务价值评估研究进展[J].生态学报,2009,29(12):6723-6732.
- [16] 郭微,陈平,唐洁,等.基于景观可达性的城市绿地系统承载力估算[J].生态学杂志,2012,31(1):165-171.
GUO W,CHEN P,TANG J,*et al.* Estimation of carrying capacity of urban green space system based on landscape accessibility[J]. Chinese Journal of Ecology,2012,31(1):165-171. (in Chinese)
- [17] 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,(9):15-19.
- [18] 邹建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [19] 徐文铨,何兴元,陈玮,等.沈阳城市森林小气候特征的研究[J].应用生态学报,2005,16(9):1650-1654.
- [20] 妙磊,郭风平.生态价值视野下的城市森林分析[J].西北林学院学报,2013,28(3):264-268.
MIAO L,GUO F P. Evaluation of urban forests from the perspective of ecology[J]. Journal of Northwest Forestry University,2013,28(3):264-268. (in Chinese)
- [21] 胡有宁.延安城市森林生态系统服务功能价值评估[D].杨陵:西北农林科技大学,2015.
- [22] 李俊英,施拓,闫红伟,等.基于可达性的沈阳市城市绿地景观格局优化[J].西北林学院学报,2016,31(3):285-290.
LI J Y,SHI T,YAN H W,*et al.* Accessibility based optimization of green space pattern—a case study of Shenyang[J]. Journal of Northwest Forestry University,2016,31(3):285-290. (in Chinese)
- [23] 肖路,王文杰,张丹,等.哈尔滨市城市森林树种种类组成特征及配置合理性[J].生态学杂志,2016,35(8):2074-2081.
XIAO L,WANG W J,ZHANG D,*et al.* Urban forest tree species composition and arrangement reasonability in Harbin, northeast China[J]. Chinese Journal of Ecology,2016,35(8):2074-2081. (in Chinese)