

北京地区热力景观格局及典型城市景观的热环境效应

孟 丹, 李小娟*, 宫辉力, 赵文吉

(资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 三维信息获取与应用教育部重点实验室, 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048)

摘要:城市热环境是城市生态环境中的一个重要指标,将景观生态学理论融入到热环境研究中,尝试探讨北京地区热力景观格局及城市公园、道路景观的热环境效应。地表温度反演是分析热力景观格局及典型城市景观热环境效应的前提,论文以北京地区为例,首先利用两景 ASTER 影像数据采用 TES 算法定量反演地表温度。通过半变异函数分析地表温度空间异质性,确定最大采样尺度,然后在景观统计软件 Fragstats 中,计算不同粒度下的景观格局指数,分析热力景观格局及其尺度效应。通过景观斑块特征分析和缓冲区分析,探讨公园景观斑块、道路景观廊道特征的热环境效应。总体上公园景观对应的平均温度随着公园面积、边界长度的增加而减小,随着公园周长面积比增大而增大;随着距离公园渐远,地表温度升高,且升温趋势变缓。随着道路密度增加,道路平均温度显著升高,标准差显著降低,道路密度等级与道路平均温度的相关系数达到 0.8021;随着距离道路中心线距离增加,缓冲区内的平均温度略有下降,但变化微弱。因此,应充分重视公园景观在缓解城市热环境方面的作用,合理布局城市道路。

关键词:热力景观格局;城市热环境效应;公园景观;道路廊道;北京

The thermal environment landscape pattern and typical urban landscapes effect linked with thermal environment in Beijing

MENG Dan, LI Xiaojuan*, GONG Huili, ZHAO Wenji

Key Laboratory of Resource, Environment and GIS in Beijing, Key Laboratory of 3D Information Acquisition and Application, Ministry of Education, College of Resources Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China

Abstract: Study on thermal environment and thermal effect is one of the most important topics in city climate and environment researches. The paper integrates some theories of ecology landscape, geostatistics technology and spatial analysis technology of GIS into the research on thermal environment issues, and explores the thermal landscape pattern, the thermal effect of parks landscape and road corridors in Beijing.

As retrieving land surface temperature (LST) and analysis of its distribution is of great efficiency to research thermal environmental problems of earth surface, two ASTER imageries are used for the LST retrieval by TES algorithm. Fitting of the whole day's continuous ground temperature with meteorological observations data at the same date when the satellite transit using sinusoidal function is utilized, and the following interpolation generates ground temperature at satellite transit time to verify the retrieved LST. The overall temperature accuracy is less than 0.5°C.

Basing on the LST variable, the thermal landscape pattern is studied by calculating landscape pattern indices under different grid size in Fragstats software. Considering the scale effect of thermal landscape heterogeneous pattern, the largest sampling scales are determined by the semi-variant function. The results show that the largest sampling scale is 818.392m and 778.520m in the urban scene and the suburb scene, respectively. Suburban thermal landscape patches are continuous, while the urban thermal landscape patches are relatively dispersed. This illustrates that thermal landscape has a close

基金项目:国家 863 计划资助项目(2006AA12Z111);国家科技支撑计划资助项目(2007BAH15B02);人才强教深化计划(PHR20090507)

收稿日期:2009-12-07; **修订日期:**2010-03-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xiaojuanli@vip.sina.com

relationship with built-up levels of urban development and construction. With the increase of sampling particle size, the patch density and contagion index show a downward trend, and the average patch area increases exponentially, while the diversity index changes little. Except the diversity index, the other three indices vary with different grain size. In addition, the great importance of choosing appropriate resolution should be noted for the thermal landscape studies.

Studies have shown that large area of vegetation cover and water can relieve and regulate the thermal environment. What's more, the urban parks is the assemblage of green space and water bodies. Therefore, park is undoubtedly the city's 'cold island'. In contrast, due to the physical properties and heat emissions from vehicles, road corridor is the relative heat strip'. For studying thermal environment effect which is of great significance for urban planning, park and road landscape are chosen for the study of thermal environment effect, by constructing the models between landscapes patches characteristics and the corresponding average LST, and by calculating the LST varies in the buffer zones of landscapes themselves. The thermal environment effect analysis draws the conclusion that generally the average LST decreases with the increase of area, perimeter of park, and the decrease of ratio of perimeter to area. In areas further away from the parks, the LST raised, and the raising trend slowed down. Specifically, the average LST increase is 0.5366°C from the 0—90m buffer zone to 90—180m buffer zone outside the park, while the one is 0.3258°C from the 90—180m buffer zone to the 180—270m buffer zone. As road density increases, the average of LST increases and standard deviation of LST decreases significantly. The correlation coefficient between the road density ranks and LST of roads was 0.8021. The average LST of the buffer zone decreased slightly with distance from the road centerline. Therefore, more attention is ought to paid to the rational distribution of urban roads and the landscape park for the sake of easing the implication of urban heat environment pressure.

Key Words: thermal environment landscape pattern; urban thermal environment effect; park landscape; road corridor; Beijing

在城市景观从近自然的状态向人工景观转变的城市化过程中,地表覆被的变化导致地表热辐射、热存储及热传递的一系列改变,加之人类生产生活方式产生大量人为热,以城市温度特别是近地表温度的上升的城市“热岛效应”表现出来,强烈地影响着城市景观内的各种物流、能流等生态过程。其作为城市生态环境和城市气候学研究的前沿内容,已引起全世界和我国科学家的广泛关注^[1-3]。国内学者此领域的研究区多选在上海,陈云浩等人利用景观分析方法将热场作为热力景观,研究了上海市热力景观的格局和机制^[4];岳文泽借助遥感与地理信息系统技术,对典型城市景观格局与城市热岛之间的关系进行分析^[5];徐丽华就上海城市公园景观的热环境效应进行了详细分析,探讨公园斑块的面积、周长、边界形状对环境温度的影响^[6]。

作为全国政治、文化中心,首都北京地区热岛现象显著^[7],而该地区热力景观格局及典型城市景观的热环境效应研究未见报道。本文参考陈云浩^[4]将景观格局理论用于城市热环境研究的方法,并沿用“热力景观”的概念,结合景观生态理论及地表温度反演的热红外遥感方法,研究北京地区热力景观格局及典型城市景观的热环境效应。力争在以下几个方面做些尝试探索:景观格局尺度效应历来就是景观生态学的核心问题,而热力景观格局的尺度效应研究鲜有报道;由于汽车行驶中发动机散热及尾气排放产生大量热,道路景观作为其载体同样具有特殊性,所以本文同时研究城市公园景观及道路廊道这两类典型的“冷源”、“热源”城市景观的热环境效应;为克服热力景观格局尺度效应研究中最大采样尺度及特定景观影响区域边界确定的主观性,采用半变异函数,确定最大采样尺度。拟通过本文研究,为改善城市生态环境及城市规划提供相关借鉴。

1 城市热环境表征

热环境监测数据的获取是分析热力景观格局及典型城市景观热环境效应的前提,到目前为止,城市热环境监测方法主要有地面观测、遥感监测、边界层数值模拟及遥感结合边界层模型 4 种。每种方法有各自的优

缺点^[8],难以兼顾时空连续性及从物理过程层次上揭示热环境形成机制,但有其各自特点,针对不同研究内容有其适用性。通过遥感手段获取影像资料来研究城市热环境,具有时间同步性好、覆盖范围广的特点,基本克服了传统地面气象观测方法仅能获取点数据的缺陷。有利于研究城市热环境的平面布局、内部结构等特征。本文选取北京地区两景 ASTER 影像数据采用 TES 算法定量反演地表温度。

1.1 基于 ASTER 数据反演地表温度原理

ASTER 是搭载在 EOS-Terra 上的高级光学传感器,包括了从可见光近红外(VNIR)(band1—band3),短波红外(SWIR)(band4—band9),热红外(TIR)(band10—band14)共 14 个光谱通道。ASTER 遥感数据的空间、光谱和辐射分辨率较高,能够提供比 NOAA/AVHRR 和 Landsat 等遥感数据更丰富的陆面信息,有助于提高反演陆面温度的精度,具有良好的应用前景。

本次研究从中国科学院遥感卫星地面站定购北京地区 2007 年 8 月 8 日过境两景 ASTER 数据影像。由于 ASTER 数据包含 5 个热红外波段,传统的单窗算法^[9-10]、单通道算法^[11]、劈窗算法^[12-13]均可用于地表温度的反演。ASTER 数据的二级产品中有温度和发射率产品,官方采用的是基于 Gillespie^[14]提出的温度/比辐射率分离算法 TES (Temperature/ Emissivity Separation),并进行适当的综合和改进。该模型的计算基本上只依赖于遥感信息,具有较好的通用性,特别是为缺乏资料的地区提供了一种行之有效的陆面温度计算方法。所以本文采用 TES 算法反演地表温度。

对于卫星遥感数据,大气影响必须考虑。利用 MODTRAN 模拟得到大气校正所需的大气上行辐射、大气下行辐射、大气透过率这 3 个参数。进而采用 TES 算法反演地表温度。反演过程包括估算最小发射率,利用其中的最大发射率计算地表温度,同时利用地表温度重新计算其他波段发射率。为进一步消除大气下行辐射和发射率形状谱中的偏差,通过迭代得到地表温度和 5 个 TIR 波段的发射率影像。整个流程均在 IDL 语言开发平台上编程实现。

1.2 地表温度反演结果及精度评价

反演的地表温度见图 1,可明显看出北京中心温度高于周边地区,其中白色地区是由于影像中有云覆盖,没有得到地表温度。

算法精度评价对一个算法的实际应用非常重要。对于地表温度反演算法的精度评价,通常采用 3 种方法:大气模拟数据法^[15]、地面测量数据法、卫星反演数据相互验证法^[16]。

由于受到实验条件所限,没有做星-地同步观测实验。利用已有的气象观测数据尝试对反演的数据进行验证。本研究可用到两种气象数据,其一是自动观测站,北京地区有 121 个自动观测站点,每小时记录 1 个数据,但是仅有气温数据,经验证气温与地温相关性较弱,无法用于检验反演的地温;其二是常规观测站数据,北京地区有 21 个常规气象观测站点,每日 02:00、08:00、14:00、20:00 记录地温数据。而 ASTER 过境时间,10:30 左右。本文设计利用常规气象站一日 4 次观测的地温数据,在 Matlab 软件中通过拟合出一天地温变化曲线,通过插值求出卫星过境时刻的地表温度,与反演的地表温度对比,检验反演温度的准确性。以丰台、怀柔两个测站的数据为例,对一天地温采用三项式、正弦函数两种拟合方法,得出反演数据与采用正弦函数拟合的地温插值后的结果较接近,两者温差小于 0.5℃。但是这并不能完全说明反演精度很高,需要进一步进行星—地同步观测实验等方法来验证。

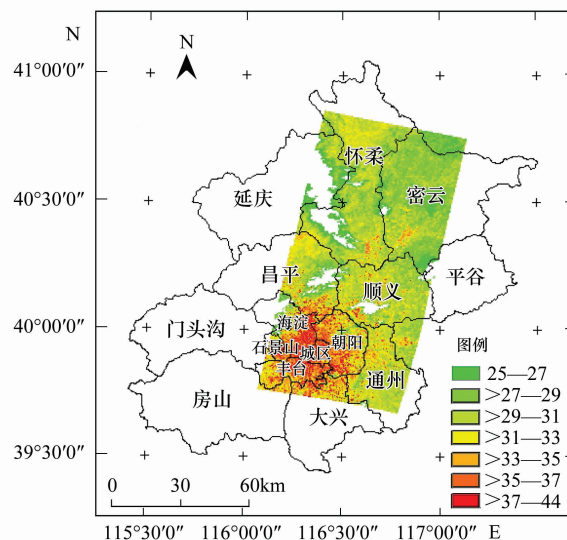


图 1 北京城区与郊区 ASTER 反演地表温度图

Fig. 1 Image of Land surface temperature retrieved by ASTER in Beijing urban and suburb

表 1 反演的地表温度准确性检验/℃

Table 1 Test of accuracy for the retrieval LST

站点 Station	反演地温 LST	三项式拟合的插值地温 Interpolation result by trinomial fitting	正弦函数拟合的插值地温 Interpolation result by sine function fitting
丰台 Fengtai	28.31	32.91	28.76
怀柔 Huairou	28.91	32.22	29.13

2 热力景观格局指数及其对粒度变化的响应

景观格局是指异质景观要素的数量、规模、形状及其空间分布模式。景观格局及其变化是自然的和人为的多种因素相互作用所产生的一定区域生态环境体系的综合反映。景观斑块的类型、形状、大小、数量和空间组合既是各种干扰因素相互作用的结果,又影响着该区域的生态过程和边缘效应^[17-18]。目前对景观格局的研究多用在土地利用、土地覆盖方面,本文参考陈云浩^[4]将景观格局理论用于城市热环境研究的方法,并沿用“热力景观”的概念,探讨北京地区热环境空间结构与格局的特点。热力景观格局特征可通过一系列景观格局指数进行研究,在景观格局分析软件 Fragstates 3.3 中实现。

景观格局与过程的时空尺度变化最具复杂性和多样性,所以多尺度问题历来就是景观生态学的核心问题^[19]。景观格局的尺度效应主要表现为格局特征对尺度的依赖性,通过格局指数对尺度变化的响应来体现的。研究城市热岛的尺度问题,有必要界定最大采样尺度,因为采样尺度过大,影像像元之间不存在明显空间自相关性,没有研究意义。地统计学用于研究在空间分布上既有随机性又有结构性,或空间相关和依赖性的自然现象^[20]。所以选择半变异函数球状模型,这个模型表明在一定距离范围内,半变异函数增加,空间自相关逐步减小,当像元增大到一定程度,彼此之间几乎不存在空间相关性,半变异函数达到最大值,即基台值,此时距离即变异函数的变程,代表像元空间依赖程度的阈值。某种意义上可以视为像元的最大采样尺度。

选取球状模型分别对城区、郊区两景 ASTER 反演的地表温度影像做半变异函数拟合,步长为 1 个像元的拟合结果见图 2 及表 2。

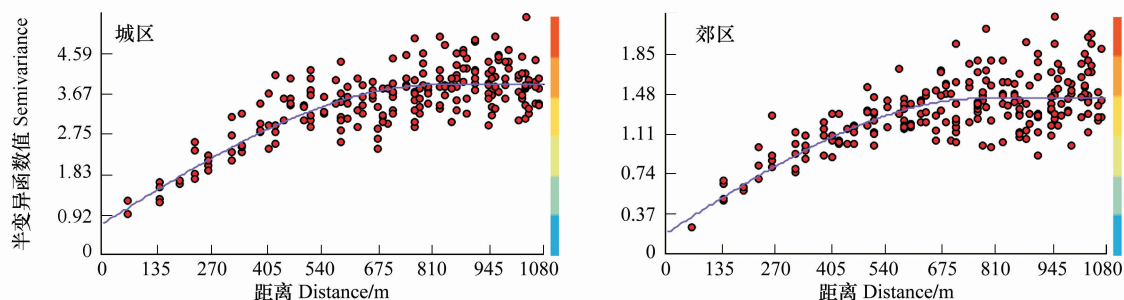


图 2 步长为 1 个像元的地表温度空间变异分析

Fig. 2 Semi-variogram of LST with lag size of 1 pixel

表 2 半变异函数统计数据

Table 2 Statistic data of the semi-variance function

区域 Region	变程/m Major range	块金值 Nugget	偏基台值 Partial sill	基台值 Sill	偏基台值/基台值/% Partial_sill/sill
城区 Urban	818.392	0.7039	3.1806	3.8845	81.88
郊区 Suburb	778.520	0.1971	1.2500	1.4471	86.38

可见城区、郊区两景影像的 Partial_sill/sill 值较大,说明空间相关性强^[20],城区变程为 818.392m,郊区变程为 778.520m。所以城区和郊区的热力景观格局空间粒度上推分析的最大采样尺度,可分别达到 818.392m 和 778.520m。据计算量并结合影像空间分辨率特点,将最大采样尺度设定为 270m。将地表温度影像以原始

分辨率 90m 为基础,以 30m 为步长,按照均值法依次重采样成 120、150、180、210、240、270m。

在每个采样尺度影像上,按均值标准差划分 5 级热力景观类型,依次为高温区、次高温区、中温区、次中温区和低温区^[21]。选取的景观格局指数有斑块密度 PD、平均斑块面积 AREA_MN、蔓延度指数 CONTAG、多样性指数 SHDI。分析它们随粒度从小变大的变化规律,结果见图 3。

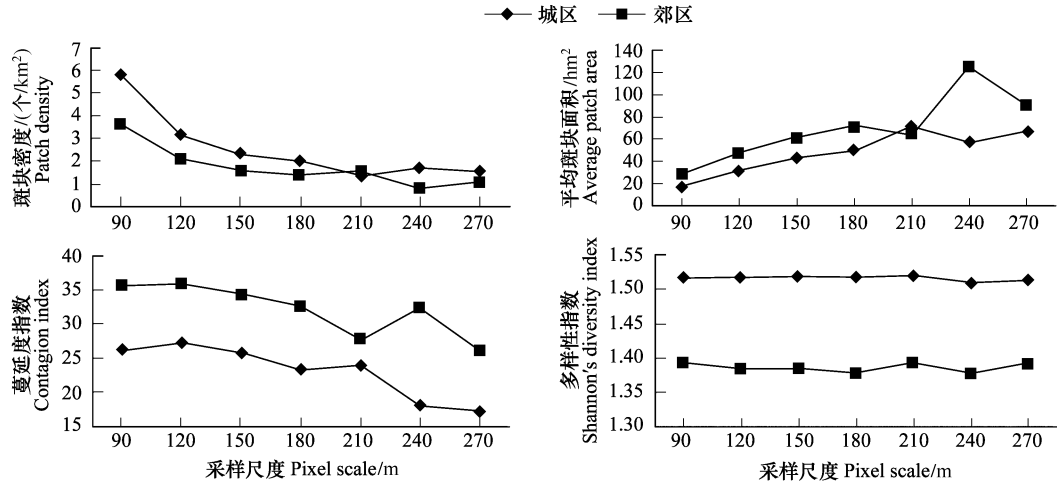


图 3 北京地区城郊热力景观 4 种景观指数的尺度效应

Fig. 3 Scale effect on four types of landscape index of thermal environment landscape

由图可见,除了 210m 之外,城区的斑块密度均高于郊区,而郊区的平均斑块面积高于城区。而蔓延度指数郊区显著高于城区,多样性指数则相反,城区显著高于郊区,以上均说明郊区的热力景观斑块连续,而城区的热力景观斑块相对较破碎。随着粒度的增加,斑块密度和蔓延度指数呈下降趋势,平均斑块面积呈指数形式上升,多样性指数变化不大。除了多样性指数外,其它 3 个指数对不同粒度采样尺度变化都表现出敏感性,即随着粒度变化而变化。

这表明,在研究城市热景观格局时,当热力景观指数存在尺度效应时,应选取最能代表热力景观格局的空间尺度,重视不同分辨率数据及其采样尺度引起的热力景观格局的尺度效应。

3 城市公园景观斑块的空间结构及其热环境效应

研究表明,城市绿地和水体是城市中具有自然特性的下垫面,大面积的植被覆盖和水域对城市局地热场起着不可低估的缓解和调节作用,而城市公园是城市绿地和水体的集中地^[5-6]。景观斑块的空间格局与其生态学过程的关系是景观生态学研究中的一个核心问题。拟通过对北京市区公园景观格局分析、缓冲区分析,定量研究北京城区公园热环境及其对周围热环境的影响效应,为城市公园建设和城市规划提供依据。

3.1 公园斑块特征及热环境效应

参照北京城区矢量数据并结合遥感影像,提取城八区主要公园 42 个,选取景观斑块面积、周长及其边界的复杂性指标——周长面积比 3 个斑块特征指标,统计结果见表 3。可见,北京市主要公园的景观斑块特征差异非常显著,面积、周长及周长面积比均存在明显的差异。面积最大的是圆明园,面积超过 4km²多,而面积

表 3 北京市城区主要公园景观斑块特征统计
Table 3 Statistic result of park landscape patches in Beijing City

项目 Item	总和 Sum	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Mean	标准差 Std.
面积 Area/m ²	26205145.34	4267113.60	46010.21	623932.03	862129.73
边界长度 Perimeter/m	147948.76	14982.26	964.58	3522.59	2788.93
周长面积比 Shape complexity index	—	0.023328	0.003171	0.009669	0.004735

最小的万寿公园只有 46010.21m²。边界长度最大同样是圆明园,达到 14982.26m,最小的是双秀公园,只有 964.58m。从边界复杂性来看,周长面积比最大的是万寿公园,为 0.023328,最小的是颐和园,为 0.003171。

将公园景观斑块与 2007 年 8 月 8 日 ASTER 反演的地表温度图叠加,分析各公园对应的热环境与其斑块特征之间的关系。总体上公园景观对应的温度随着公园面积、边界长度的增加而减小,随着公园周长面积比增大而增大。

通过计算景观斑块面积与对应平均温度的 Pearson 相关系数,两者的相关性较低,相关系数为 -0.4721。为了进一步探讨面积与温度相关关系,分别采用线性函数、对数函数、幂函数和指数函数拟合两者关系,发现温度与面积取对数两者的相关系数最高,为 -0.5947。根据对数拟合函数,当公园面积从 0.5km²增加到 1km²时,对应的温度降低 0.8107℃;从 1km²增加到 2km²时,对应的温度降低 0.8107℃;而从 2km²增加到 3km²时,对应的温度降低 0.4742℃;从 3km²增加到 4km²时,对应的温度降低 0.3365℃。可见热环境温度随着公园面积的增加而降低的速度是非均匀的,降温幅度随着公园面积增加而减慢。研究公园周长与公园温度两者关系,发现二者呈负相关。同样采用线性、对数、乘幂、指数 4 种函数拟合周长-温度关系,发现两者对数模型相关性最好。

由上可见,公园面积和周长两个指标对温度的变化响应基本统一,与温度都存在负相关,二者关系对数模型拟合最好,其中周长与温度的统计规律略弱于面积,说明热环境温度对斑块面积变化的敏感性比周长强。

周长面积比是反映景观斑块形状的重要指标,其值越大的斑块说明形状越复杂,这样斑块内部的能量、物质及信息与外部的交流越容易^[20]。对公园周长面积比与对应的热环境温度做散点图,得出周长面积比越小,温度越低,随着周长面积比的增加,即斑块的形状越复杂,对应的温度也越高。对周长面积比与温度分别取线性、对数、指数、幂函数做回归,均呈现正相关,且对数函数相关性最好。其拟合度好于面积、周长与热环境关系的拟合模型。因此从公园斑块景观 3 种指数与城市温度关系来看,周长面积比与热环境之间的模拟模型逼近度最好。

表 4 公园斑块 3 种景观指数与城市温度关系模型
Table 4 The models between the three landscape index of park and LST

统计项目 Item	函数类型 Function	函数表达式 Function expression	R ²
面积-温度 Area-LST	线性函数	$y = -0.0118x + 34.106$	0.2229
	对数函数	$y = -1.1696\ln(x) + 37.444$	0.3537
	乘幂函数	$y = 37.68x^{-0.0355}$	0.3409
	指数函数	$y = 34.053e^{-0.0004x}$	0.2175
周长-温度 Perimeter-LST	线性函数	$y = -0.0004x + 34.693$	0.2352
	对数函数	$y = -1.8258\ln(x) + 47.86$	0.3018
	乘幂函数	$y = 51.615x^{-0.0552}$	0.2890
	指数函数	$y = 34.66e^{-1 \times 10^{-5}x}$	0.2266
周长面积比-温度	线性函数	$y = 303.97x + 30.456$	0.3825
Shape complexity index-LST	对数函数	$y = 2.8017\ln(x) + 46.699$	0.3840
	乘幂函数	$y = 49.985x^{0.0854}$	0.3732
	指数函数	$y = 30.488e^{9.1889x}$	0.3656

3.2 公园斑块对周围局地热环境的影响

对每 1 个公园按照一定的距离进行缓冲区分析,由于所选取的温度反演影像是 ASTER,热红外波段的空间分辨率为 90m,并结合热力景观格局分析的最大采样尺度,这里分别做 90、180、270m 等 3 条缓冲带,将公园外部的缓冲区与温度影像叠置,统计各个公园对应各个缓冲区内部的温度平均值,结果见图 4。表明随着距离公园渐远,温度升高显著。从 0—90m 缓冲区到 >90—180m 缓冲区温度升高 0.5366℃,而 >90—180m 缓冲区到 >180—270m 缓冲区温度升高 0.3258℃,升温趋势变缓。

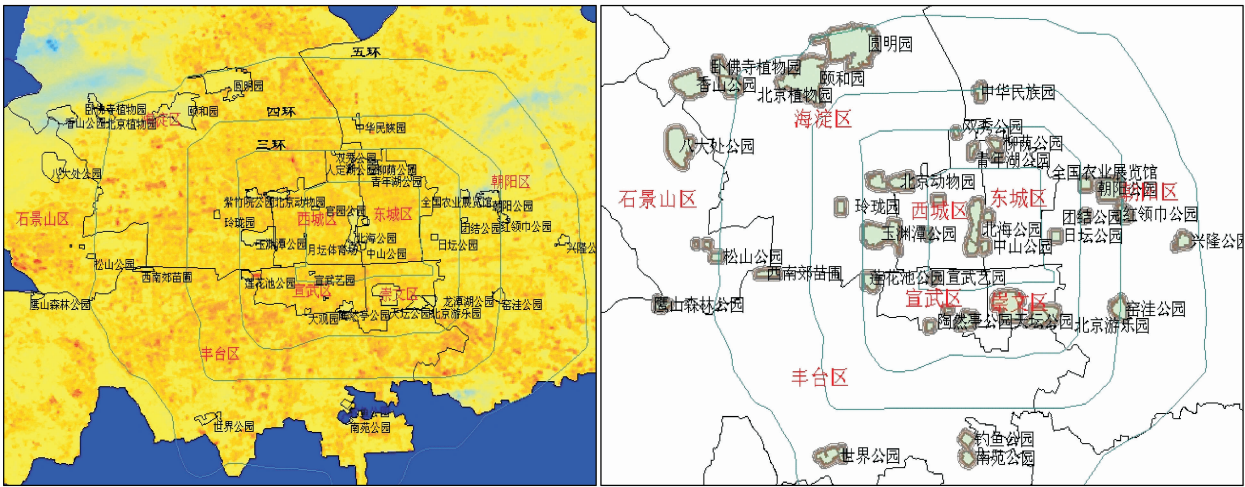


图4 北京城区地表温度图及公园缓冲区分布图
Fig. 4 LST and buffer zones in the outline of Beijing City

4 城市中道路廊道对热环境的影响

城市廊道作为城市空间中不可缺少的主要部分,是连接城市各功能区和景观斑块的纽带。包括城市中的道路、绿化带、水体等。其中,道路多是对应高温区,且呈条带状分布,据报道,北京夏季路面温度最高达到 61°C 。而绿化带、水体对应低温区,虽然有呈条带状分布,但是多呈现斑块状,所以本研究选取城市道路这一典型的廊道,研究其对城市热环境的影响。

4.1 热环境对道路密度的响应

选用的北京道路矢量数据,道路按照路宽分为4个等级,路宽分别对应20、40、60、80m。由于所用道路数据为 Polygon 多边形数据,数据处理包括首先在 ArcGIS 中将面数据转为线数据,转成的数据为双线路,然后提取道路中心线,根据道路等级对道路赋予权重,最后在 Spatial analyst 中的 Density-Line density 模块计算相对道路密度(以下简称道路密度)。

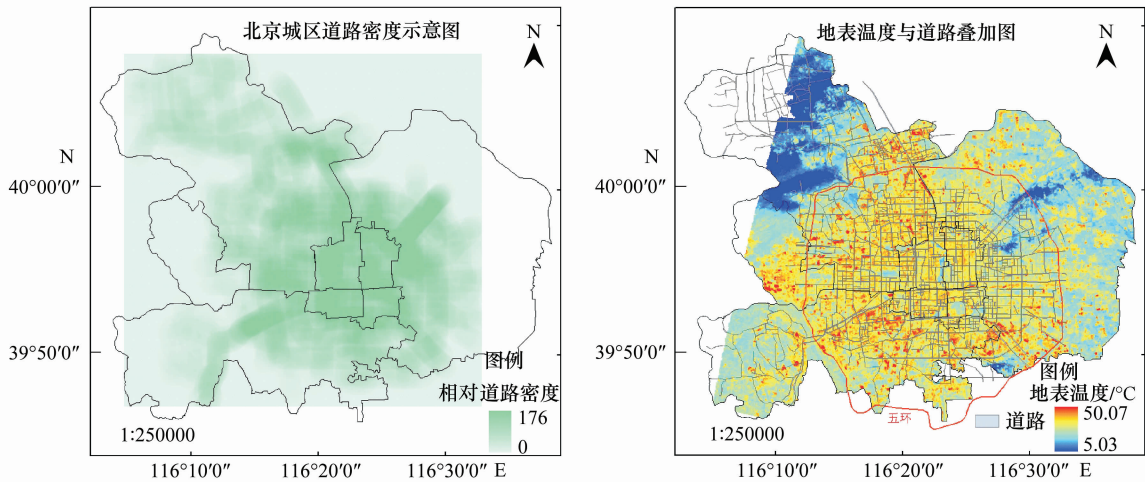


图5 北京城区道路道路密度图及地表温度图
Fig.5 Map of the distribution of road density and LST

道路密度按照 1/2 标准差分为 10 级,分别统计每个道路密度等级的平均温度与温度标准差,见表 5 及图 5。可见,随着道路密度增加,道路平均温度显著升高,标准差显著降低,道路密度等级与道路平均温度的相关

系数达到 0.8021,两者呈显著正相关。道路密度等级与道路平均温度的回归分析见图 6。

表 5 道路密度与对应道路平均温度统计表
Table 5 The statistic information of road density and the corresponding average LST

道路密度等级 Rank of road density	道路密度 Road density	道路平均温度/℃ Average LST of road	温度标准差/℃ Std. of LST
1	0—3.45	34.5576	3.2530
2	>3.45—23.73	35.0939	2.7092
3	>23.73—44.00	34.8415	2.7893
4	>44.00—64.28	35.0773	3.2324
5	>64.28—84.56	35.8344	2.8094
6	>84.56—104.83	36.1172	2.4828
7	>104.83—125.11	36.1675	2.2714
8	>125.11—145.38	35.6132	2.4042
9	>145.38—165.66	35.4562	2.5225
10	>165.66—176.56	36.9082	1.5225

4.2 道路对周围局地热环境的影响

北京交通路网密集,基础地理信息中的道路的宽度从 20m 到 80m,而 ASTER 反演的温度数据空间分辨率是 90m×90m,而路网密集区也多是城市化进程完备的地区,很难区分是道路或是其他因素对温度产生影响,由此本研究选取北京具有代表性的交通主干道——环路(二环、三环、四环和五环路)对周边热环境影响为研究对象。首先从遥感影像结合道路矢量信息提取环路中心线,分别做 0—90m、>90—180m、>180—270m 的 3 条缓冲区,统计 3 条缓冲带温度平均值与标准差。

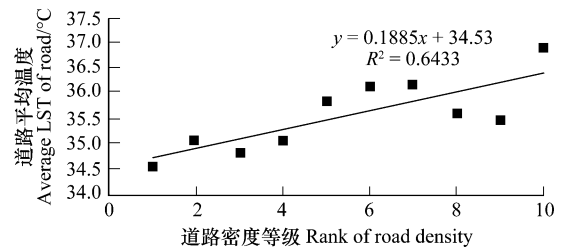


图 6 道路密度等级与道路平均温度的回归分析
Fig. 6 The regression analysis between the road density ranks and corresponding LST

表 6 五环道路缓冲区对应温度统计表
Table 6 Statistic data of the LST in ring road buffer zone

缓冲区边界 Buffer zone/m	道路平均温度 Average LST of road/℃	温度标准差 Std. of LST/℃
0—90	35.4509	2.6818
>90—180	35.3901	2.6815
>180—270	35.3567	2.7059

由上表可见,随着距离道路中心线距离增加,缓冲区内的平均温度略有下降,但变化微弱,结合高分辨率遥感影像、航片,并到现场考察,发现其主要原因是道路两旁多有行道树,且道路周边多为建筑楼群,其表面温度均较高,所以导致道路廊道对温度的反映并不敏感。

5 结论

本文基于 ASTER 遥感影像数据,运用景观生态学、空间统计学、GIS 空间分析理论与方法,探讨了北京地区热力景观格局及典型城市景观的热环境效应,得到如下结论。

(1)利用 ASTER 影像数据采用 TES 算法定量反演地表温度,采用正弦函数拟合的气象观测地温插值后的结果进行验证,两者温差小于 0.5℃,精度较高。

(2)分析地表温度空间异质性,确定该城郊两景反演的地表温度数据的最大采样尺度为 818.392m 和 778.520m。郊区的热力景观斑块连续,而城区的热力景观斑块相对较破碎。这也说明了热力景观与城郊的发展建设水平有很大关系。随着粒度的增加,斑块密度和蔓延度指数呈下降趋势,平均斑块面积呈指数形式

上升,多样性指数变化不大。除了多样性指数外,其它 3 个指数对粒度的变化都表现出敏感性,即随着粒度变化而变化。

(3) 公园对应的热环境温度与其斑块特征的关系研究表明,总体上公园景观对应的温度与公园面积、边界长度呈负相关,与周长面积比呈正相关。公园斑块可缓解周围局地热环境,公园外 0—90m 缓冲区到 >90—180m 缓冲区温度升高 0.5366℃,而 >90—180m 缓冲区到 >180—270m 缓冲区温度升高 0.3258℃,升温趋势变缓。

(4) 城市中的道路廊道景观的热环境研究表明,道路密度等级与道路平均温度呈显著正相关,相关系数达到 0.8021,即随着道路密度增加,道路平均温度显著升高,标准差显著降低。随着远离道路中心线,缓冲区内的平均温度略有下降,但变化微弱。

由此,公园景观与道路两旁行道树在缓解城市热环境效应方面不容忽视,在公园建设中,应充分考虑公园的斑块的大小、形状等参数,并合理规划城市道路及其周边环境建设。

References:

- [1] Oak T R. The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects, in wind climate in cities//Cermak J E ed. NATO ASI Series. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995: 81-107.
- [2] Owen T W, Gillies R R, Carlson T N. An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 19(9): 1663-1681.
- [3] Xu X D, Tang X. An Introduction of Environmental Meteorology Under Urbanization Background. Beijing: Meteorological Press, 2002: 62-80.
- [4] Chen Y H. Research on Patterns, Process, Simulation and Effect of Urban Spatial Thermal Environment Using Remote Sensing Image. Beijing: Science Press, 2004:85-95.
- [5] Yue W Z. Study on Urban Landscape Pattern and Its Thermal Environment Effect Based on Remote Sensing Image. Beijing: Science Press, 2008: 105-136.
- [6] Xu L H, Yue W Z. A study on thermal environment effect of urban park landscape. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(4): 1702-1710.
- [7] Ji C P, Liu W D, Xuan C Y. Impact of urban growth on the heat island in Beijing. *Chinese Journal of Geophysics*, 2006, 49(01): 69-77.
- [8] Gong A D. Study on Remote Sensing Retrieval of Summertime Urban Spatial Thermal Environment Based on Landsat-TM Data in Beijing. Beijing: Beijing Normal University, 2005:5-8.
- [9] Qin Z H, Karnieli A, Berliner P. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel- Egypt border region. *International Journal of Remote Sensing*, 2001, 22(18): 3719-3746.
- [10] Qin Z H, Zhang M H, Karnieli A, Berliner P. Mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM6 data. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(4): 456-466.
- [11] Jiménez-Munoz J C, Sobrino J A. A generalized single channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research*, 2003, 108(D22): 1688.
- [12] Wan Z, Dozier J. A Generalized Split-window Algorithm for Retrieving Land-surface Temperature from Space. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1996, 34: 892-905.
- [13] Mao K B, Qin Z H, Shi J C. Retrieval of land surface temperature of Shandong Peninsula using MODIS image and split window algorithm. *Journal of China University of Mining & Technology*, 2005, 34(1): 46-50.
- [14] Gillespie A, Rokugawa S, Matsunaga T, Cothorn J S, Hook S, Kahle A B. A temperature and emissivity separation algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1998, 36(4): 1113-1126.
- [15] Mao K B, Tang H J, Chen Z X, Qiu Y B, Qin Z H, Li M C. A split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from ASTER data. *Remote Sensing Information*, 2006, (05): 7-11.
- [16] Gao M F, Qin Z H. The validation of Chinese land surface temperature products retrieved from moderate resolution imaging spectroradiometer data. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2006, (03): 15-18.
- [17] Forman R T T, Godron M. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- [18] Wu J G. *Landscape Ecology*. Beijing: Higher Education Press, 2000: 104-105.
- [19] Xiao D N, Bu R C, Li X Z. Spatial ecology and landscape heterogeneity. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(5): 453-461.

- [20] Zhang Z G. Principles and Techniques of Spatial Analysis on Ecology. Beijing: Science press, 2007: 154-164.
- [21] Wang T X, Chen S L, Ma Y, Chen Z Q. Comparison on scale effect of urban heat island defined by brightness temperature and land surface temperature. Geography and Geo-Information Science, 2007(6): 73-77.

参考文献:

- [3] 徐祥德, 汤绪. 城市化环境气象学引论. 北京: 气象出版社, 2002: 62-80.
- [4] 陈云浩. 城市空间热环境遥感分析(格局过程模拟与影响). 北京: 科学出版社, 2004: 85-95.
- [5] 岳文泽. 基于遥感影像的城市景观格局及其热环境效应研究. 北京: 科学出版社, 2008: 105-136.
- [6] 徐丽华, 岳文泽. 城市公园景观的热环境效应. 生态学报, 2008, 28(4): 1702-1710.
- [7] 季崇萍, 刘伟东, 轩春怡. 北京城市化进程对城市热岛的影响研究. 地球物理学报, 2006, 49(1): 69-77.
- [8] 宫阿都. 基于 LANDSAT TM 影像的北京城市空间热环境遥感研究. 北京: 北京师范大学, 2005: 5-8.
- [10] 覃志豪, Zhang M H, Kamieli A, Berliner P. 用陆地卫星 TM6 数据演算地表温度的单窗算法. 地理学报, 2001, 56(4): 456-466.
- [13] 毛克彪, 覃志豪, 施建成. 用 MODIS 影像和劈窗算法反演山东半岛的地表温度. 中国矿业大学学报, 2005, 34(1): 46-50.
- [15] 毛克彪, 唐华俊, 陈仲新, 邱玉宝, 覃志豪, 李满春. 一个从 ASTER 数据中反演地表温度的劈窗算法. 遥感信息, 2006, (5): 7-11.
- [16] 高懋芳, 覃志豪. 中国 MODIS 地表温度产品验证. 国土资源遥感, 2006, (3): 15-18.
- [18] 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: 104-105.
- [19] 肖笃宁, 布仁仓, 李秀珍. 生态空间理论与景观异质性. 生态学报, 1997, 17(5): 453-461.
- [20] 张治国. 生态学空间分析原理与技术. 北京: 科学出版社, 2007: 154-164.
- [21] 王天星, 陈松林, 马娅, 陈志强. 亮温与地表温度表征的城市热岛尺度效应对比研究. 地理与地理信息科学, 2007(6): 73-77.