

城市群热岛时空特征与地表生物 物理参数的关系研究

曾永年^{1,2}, 张少佳^{1,2}, 张鸿辉^{1,2}, 黄 炜^{1,2}, 刘慧敏^{1,2}

(1. 中南大学信息物理工程学院, 湖南 长沙 410083;

2. 中南大学空间信息技术与可持续发展研究中心, 湖南 长沙 410083)

摘要:以长株潭城市群区域为例,利用 2005 年 3 个不同季节的 TERRA/MODIS 数据提取的地表温度、归一化植被指数(NDVI)和归一化建筑指数(NDBI),分析了城市热岛效应及其随季节的变化,采用归一化植被指数(NDVI)和归一化建筑指数(NDBI)作为反映地表生物物理特征的参数,分析了城市热岛时空特征与地表生物物理参数的关系。研究表明,研究区域城市热岛效应的季相变化明显,一年中夏季与春季的城市热岛效应相对显著,城市地表温度高出周边的郊区达 8~10℃;而冬季城市热岛效应相对不太明显,城市地表温度高出周边的郊区 4℃。地表温度与归一化植被指数(NDVI)的相关性随季节变化较为明显,说明通常将归一化植被指数(NDVI)作为城市地表温度或城市热岛的代用指标是不适宜的;然而,地表温度与归一化建筑指数(NDBI)在不同季节都呈显著的线性关系,而且地表温度与 NDBI 线性关系的斜率和截距能够很好地指示不同季节城市热岛的强度,这就为定量分析不同季节城市地表温度的变化提供了物理指数,也为利用遥感研究城市热岛效应提供了新的方法与途径。

关 键 词:城市热岛;地表生物物理参数;MODIS 数据;长株潭城市群

中图分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2010)01-0001-07

1 引 言

快速城市化与城市的扩张将自然景观转变为以人为非渗透表面为主要特征的城市景观。人类导致的自然生态系统的这种变化使地表及近地表大气的辐射、热特性、湿度、粗糙度等发生了改变^[1-4]。城市地表特性的变化将导致城市区域地表及大气温度高于周边郊区^[5]。随着城市化的进一步发展,城市人口膨胀和城市范围扩张,城市—郊区气温和地表温度差异将会进一步增加,这会对城市气候、环境变化,城市居民的生活质量产生显著的影响^[1,4]。因此,城市化导致的城市热岛效应成为城市气候、环境以及城市规划关注的重点。自 20 世纪 80 年代以来,尽管城市化加速了中国经济繁荣的步伐,但城市的快速发展也深刻影响着城市居民的生活质量,恶化了城市环境与气候^[3,4,6]。因此,为理解城市化对

环境与气候的影响,研究城市热岛时空特征及其与地表参数的关系对城市区域可持续发展至关重要。

已有许多方法用于城市热岛的研究^[5,7-10]。其中,基于遥感的方法在揭示城市区域热特性方面具有巨大的潜力,并被广泛地应用于不同尺度城市热岛效应研究^[10-17]。随着遥感技术的发展,具有 36 个波段的 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 数据在大尺度地表生物物理参数提取、地表温度反演方面的应用,为城市群热岛强度与范围的探测、地表温度与生物物理参数关系的检验提供可能。

已有许多研究利用土地利用/覆盖的专题数据分析土地利用/覆盖类型与地表热特性的简单相关性;然而,地表温度变化与地表生物物理特性的关系尚未得到完全的理解。有研究已证明地表温度与植被指数(NDVI)存在负相关性,由此将 NDVI 作为

刻画城市热岛的指标。然而,NDVI 受季节变化的影响大,与地表温度呈非线性关系。因此,仅用 NDVI 不足以定量反映城市热岛效应。城市化将自然景观转变为包括建筑物、道路、停车场及其它敷设表面的人为非渗透表面为特征的城市景观,因而城市非渗透表面成为分析城市环境质量的重要指标^[3,18]。分析地表温度与非渗透表面的相关关系为研究城市热岛提供了新的途径^[19]。然而,城市非渗透表面是一种较为复杂的土地覆盖类型,具有空间异质的电磁波辐射特性。因此,在遥感图像上提取这一土地覆盖类型仍存在较大的不确定性^[10-24]。

为此,本项研究利用遥感方法评价快速城市化区域的城市热岛时空特征及其与地表生物物理特征的关系。主要目标:① 利用不同季节获取的 MO-

DIS 数据,定量分析长株潭城市群区域热岛的强度、空间格局及其随季节的变化;② 比较和评价归一化植被指数(NDVI)与归一化建筑指数(NDBI)作为指示城市热岛效应定量指标的有效性。

2 研究区域及数据

选择我国中部地区资源节约、环境友好型社会建设综合配套改革试验区——长株潭城市群为研究区域,该区域是湖南省乃至中部地区经济、文化、制造业、交通中心(图 1)。随着中部崛起战略以及资源节约型和环境友好型社会建设的实施,城市化步伐将会进一步加快,城市将会向周边农村区域扩展。为研究城市化对环境、气候的影响,以及制定科学合理的发展规划,开展城市热岛效应,理解与地表生物

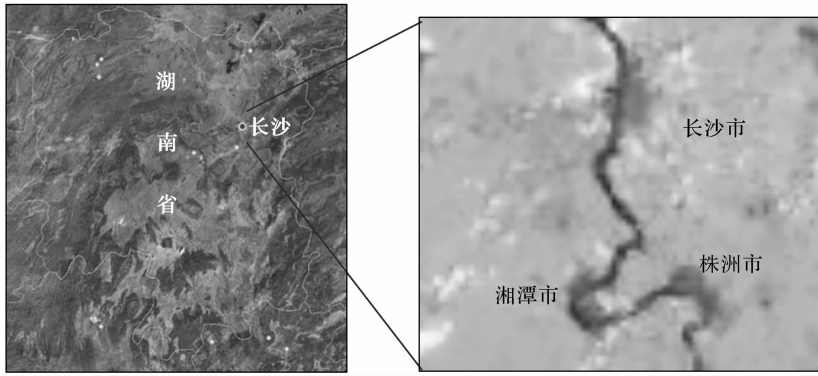


图 1 长株潭城市群区域位置图

Fig. 1 Location of the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan tri-city metropolitan area

物理参数的定量关系是十分重要的。

为获取地表温度、探测城市热岛的强度、空间格局及其随时间的变化,在 NASA 网站获取了 TERRA/MODIS 的 L1B 数据,由于受天气的影响,一年中可获得无云图像极少。因此,我们只能以 2005 年 1 月 2 日、4 月 21 日和 8 月 3 日获得的 3 景图像分别作为代表春、夏、冬 3 个季节的数据,秋季没有获得无云的图像,只好利用这 3 景数据反演研究区不同季节地表温度,并计算了归一化植被指数、归一化建筑指数。

3 地表温度及生物物理参数计算

3.1 地表温度的反演

首先,利用 MODIS 热红外波段(31、32 波段),由普朗克公式(1)计算星上辐射温度。

$$T_i = \frac{C_2 v_j}{\ln\left(\frac{C_1 v_j^3}{L_i} + 1\right)} \quad (1)$$

其中: T_i 为 i 波段像元辐射温度; C_1 、 C_2 为常数,分别为 $1.1910659 \times 10^{-5} \text{ mWm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ cm}^4$, 1.438833 cm K ; v_i 为 i 波段的中心波长; L_i 为校准的 i 波段光谱辐射值。

其次,利用 MODIS 31、32 热红外波段星上辐射温度,采用分裂窗算法反演地表温度(LST)^[25],反演算法如下:

$$\text{LST} = \frac{(C_{32}(B_{31} + D_{31}) - C_{31}(D_{32} + B_{32}))}{(C_{32}A_{31} - C_{31}A_{32})} \quad (2)$$

式(2)中的各系数计算如下:

$$\begin{aligned} A_{31} &= 0.13787\epsilon_{31}\tau_{31} \\ B_{31} &= 0.13787T_{31} + 31.65677\tau_{31}\epsilon_{31} - 31.65677 \\ C_{31} &= (1 - \tau_{31})(1 + (1 - \epsilon_{31})\tau_{31})0.13787 \\ D_{31} &= (1 - \tau_{31})(1 + (1 - \epsilon_{31})\tau_{31})31.65677 \\ A_{32} &= 0.11849\epsilon_{32}\tau_{32} \\ B_{32} &= 0.11849T_{32} + 26.50036\tau_{32}\epsilon_{32} - 26.50036 \\ C_{32} &= (1 - \tau_{32})(1 + (1 - \epsilon_{32})\tau_{32})0.11849 \\ D_{32} &= (1 - \tau_{32})(1 + (1 - \epsilon_{32})\tau_{32})26.50036 \end{aligned} \quad (3)$$

其中: T_{31} 、 T_{32} 为根据(1)式计算的波段31、32的星上辐射温度; τ_{31} 、 τ_{32} 为波段31、32的大气透射率; ϵ_{31} 、 ϵ_{32} 为波段31、32的地表辐射率。

3.2 大气透射率、地表辐射率计算

利用式(2)、(3)反演地表温度需要大气透射率、地表辐射率的数据,我们采用以下方法估算了这2种参数。

地表辐射率采用下式进行估算:

$$\epsilon_i = P_v R_{iv} \epsilon_{iv} + (1 - P_v) R_{is} \epsilon_{is} \quad (4)$$

其中: ϵ_{iv} 、 ϵ_{is} 为*i*波段植被和土壤的辐射率; R_v 、 R_s 为植被与土壤的温度比^[26]; P_v 为像元植被覆盖率,利用植被指数(NDVI)通过混合光谱分解获得。

大气透射率采用下式计算^[25]:

$$\begin{aligned} \tau_{31} &= 2.89798 - 1.88366e^{-(w/-21.22704)} \\ \tau_{32} &= -3.59289 + 4.60414e^{w/-32.70639} \end{aligned} \quad (5)$$

其中: W 为大气水汽含量,采用Kaufman^[27]等的研究方法获取。

3.3 NDVI、NDBI 计算

归一化植被指数(NDVI)计算公式如下:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}} \quad (6)$$

其中: ρ_{NIR} 、 ρ_{red} 为MODIS数据红、近红外波段的反射率。

城市非渗透表面是评价城市环境质量的重要指标;因此,分析地表温度与非渗透表面之间的关系为分析城市环境提供了新的途径。然而,由于非渗透表面是一较为复杂的土地覆盖类型,具有空间异质的景观特征,利用遥感方法有效、准确地提取非渗透表面存在一定困难和不确定性。归一化建筑指数(NDBI)则能较好地刻画人工建筑物空间分布特征并得到广泛应用。为此,本文试图利用NDBI表示城市非渗透表面的空间分布,并进一步分析城市热岛与NDBI的定量关系。NDBI计算公式如下^[28]:

$$NDBI = \frac{\rho_{SWIR} - \rho_{NIR}}{\rho_{SWIR} + \rho_{NIR}} \quad (7)$$

其中: ρ_{NIR} 、 ρ_{SWIR} 为MODIS数据近红外、短波红外波段的反射率。

4 结果与分析

4.1 城市热岛空间格局及其变化

利用2005年3个不同季节的TERRA/MODIS数据反演的长株潭城市群区域的地表温度,分析城市热岛效应及其随季节的变化。

由此获得这一区域城市热岛的强度、空间范围及随时间的变化(图2)。不同季节的地表温度分布反映出在长株潭城市群区域存在2个明显的城市热岛区域,分别位于长沙、湘潭、株洲3个核心城市区。其中,长沙市城市热岛效应最为显著。为更好地理解城市热岛空间格局及随时间的变化,以长沙市中心在东西、南北方向做2个剖面,由此获得地表温度沿剖面的变化(图3)。分析表明,城市中心与周边郊区的温度差异随季节而变化,城市热岛的强度在夏、春、冬3个季节分别达到10℃、8℃和4℃。城市热岛的空间分布与NDBI指示的城市非渗透表面分布相一致(图2、图3)。这一监测结果表明,长株潭城市群区域春夏季节城市热岛效应显著,尽管冬季城市热岛仍然存在,但热岛强度较弱。城市热岛效应存在明显的季节变化特征。这一结果也暗示着夏季城市热岛的存在将增加城市居民对空调需求,进而增加人为热能的排放导致环境污染增加。

4.2 LST与NDVI、NDBI的关系

为进一步理解城市热岛形成的机制以及由城市化导致的可能的气候变化,以研究区域所有像元,以及图像上过长沙市中心沿东西、南北方向的2个剖面上共采集的150样点数据,统计分析了地表温度与地表特征参数的关系。结果表明(图4、图5),

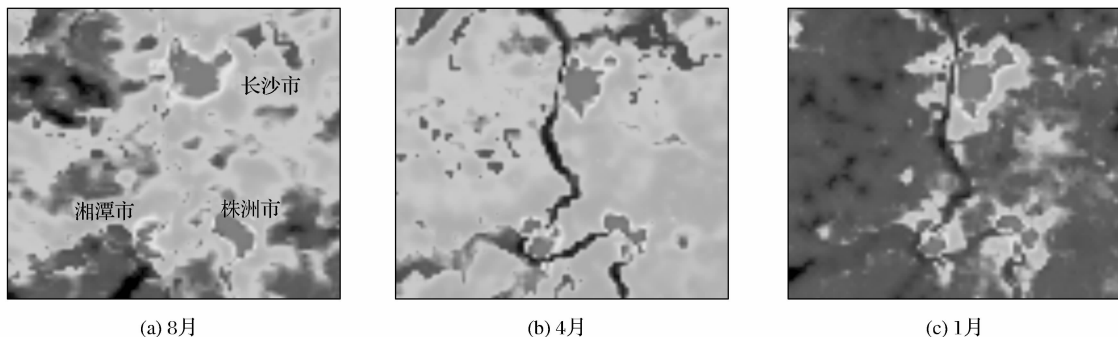


图2 2005年长株潭城市群区域地表温度空间分布

Fig. 2 Land surface temperature in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan metropolitan area on Aug. 3, Apr. 21 and Jan. 1, 2005

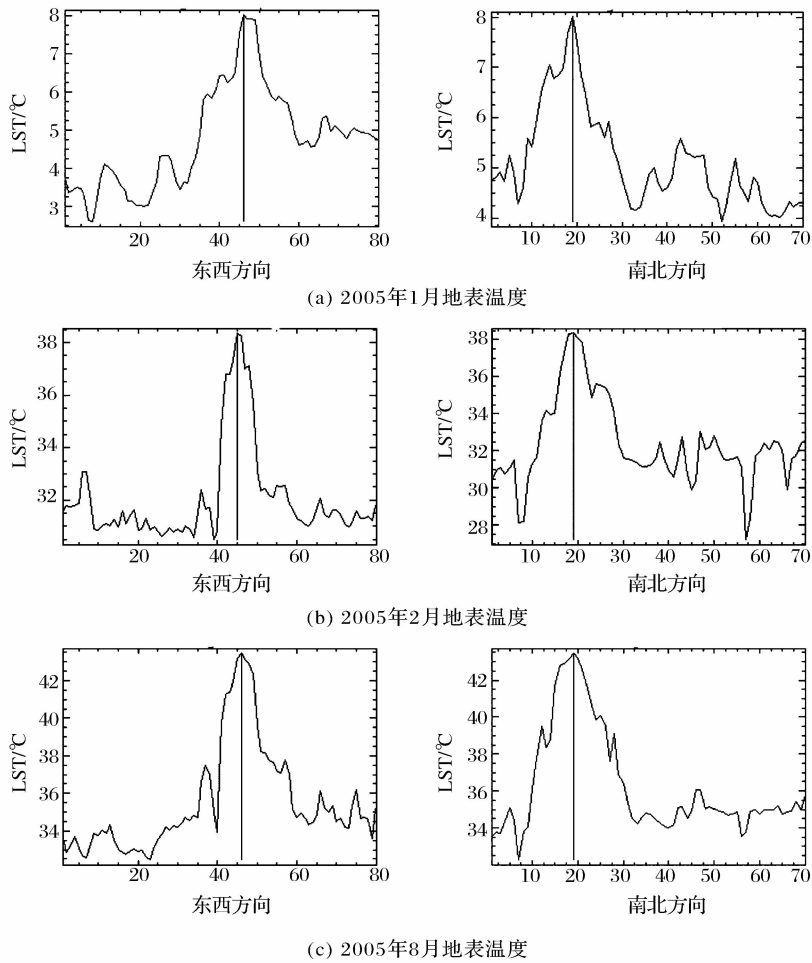


图 3 以长沙市中心的东、西、南、北方向的两个剖面上地表温度变化

Fig. 3 Land surface temperature along the NS and EW transects cutting across the centre of the urban core in Changsha city

地表温度与 NDVI 的关系受季节变化的影响较大，而且只在夏季两者之间才存在明显的线性相关性。许多学者在城市热岛效应研究中都探讨了温度—NDVI 的关系^[29-32]，由于温度—NDVI 的关系的不稳定性及非线性特点，NDVI 不足以作为定量描述城市热岛效应的指标。本文的研究也证实了这一点，而且在长株潭城市群区域只有在夏季，NDVI 可以用来指示城市热岛的强度与空间分布。

相比较而言，地表温度与 NDBI 之间存在着稳定的线性关系($R^2 > 0.7$)，而且这种线性关系在不同季节都明显存在(图 5)。NDBI 对城市建筑区域敏感^[28]，因此，NDBI 不仅能够用于指示城市空间范围与发展强度，而且可用于指示对感热通量交换极为显著的非渗透表面。在本项研究中，地表温度与指示非渗透表面的 NDBI 呈显著的正相关。在冬、春、夏 3 个不同季节的相关系数分别为 0.9164，0.8434，和 0.9143。而且地表温度与 NDBI 线性关系的斜率和截距与不同季节热岛效应相一致(图

5)，NDBI 每增加 0.1 个单位，冬、春、夏季的地表温度将会分别增加 1.65℃、2.71℃、3.88℃。而在 NDBI 为零值的区域，冬、春、夏季的地表温度分别为 6.76℃、35.74℃、41.74℃。这就说明相对于 NDVI，NDBI 能够更好地刻画不同季节城市热岛效应的强度、空间格局及其随时间的变化，为定量研究城市热岛效应有效物理指标。这为利用遥感技术定量研究城市热岛效应提供了有效的方法与途径。

5 结 语

利用遥感方法定量评价了中部地区快速发展的长株潭城市群区域城市热岛的空间格局、强度以及随时间的变化。研究结果表明，长株潭城市群区域在不同季节都存在城市热岛效应，但热岛强度随季节而变化，夏季与春季的城市热岛效应显著，城市地表温度高出周边的郊区达 8~10℃。冬季城市热岛效应不明显，城市地表温度高出周边的郊区 4℃。这一结果也暗示着夏季城市热岛的存在将增加城市

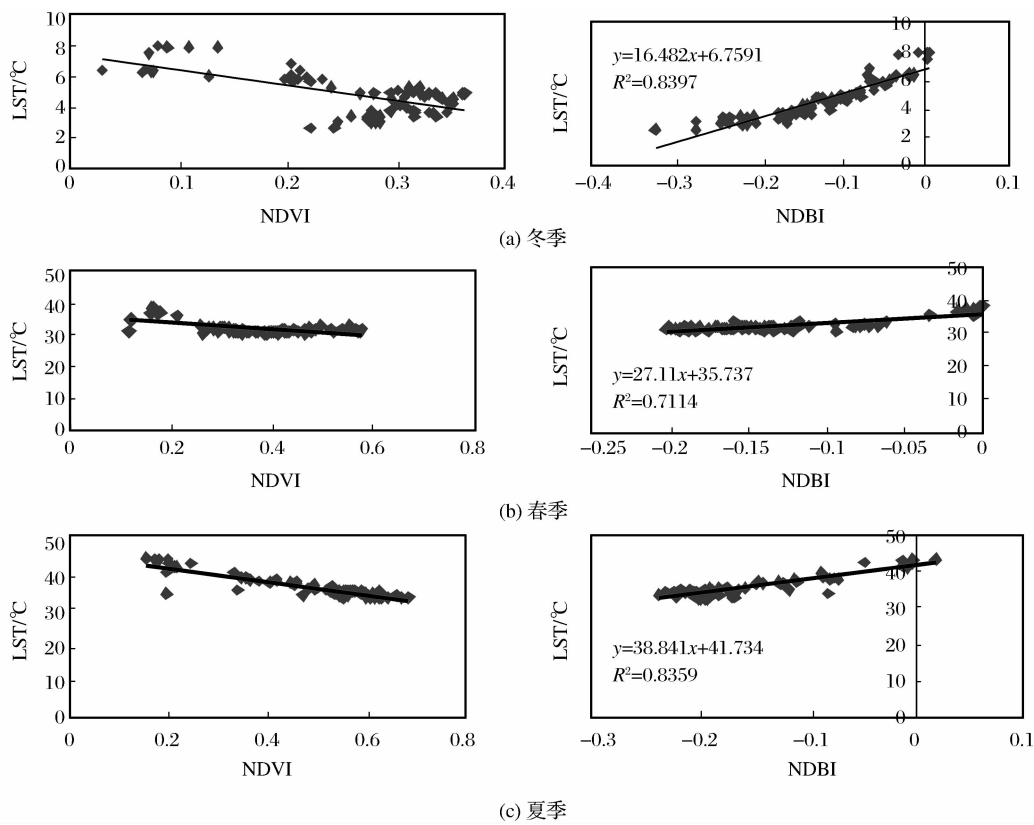


图 4 LST 与 NDVI 和 NDBI 的关系图

Fig. 4 LST relationship to NDVI and NDBI in different seasons

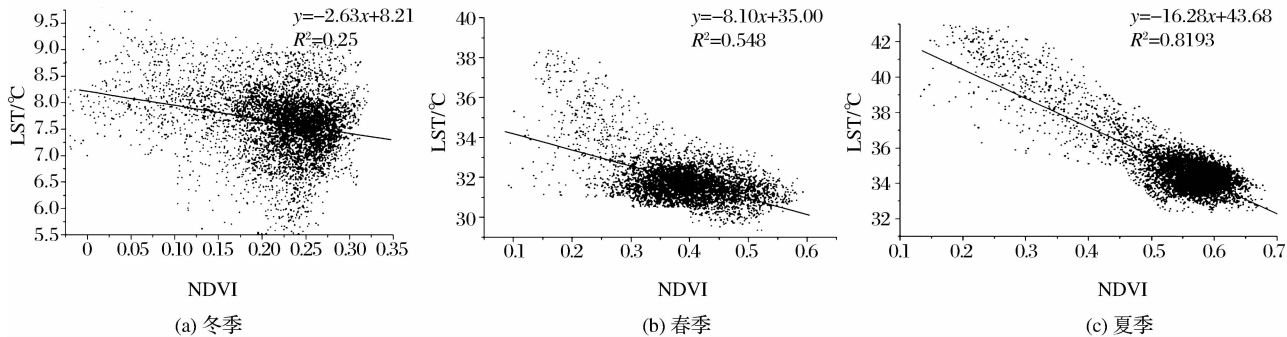


图 5 地表温度对 NDVI 的散点图

Fig. 5 Scatterplots of LST vs. NDVI for three dates

居民对空调需求,进而增加人为热能的排放、导致环境污染增加。

为进一步理解城市热岛形成的机制,分析地表温度与地表特征参数的关系。结果表明,LST 与 NDVI 的关系受季节变化的影响大,由于温度—NDVI 关系的不稳定性及非线性关系,NDVI 不足以作为定量研究城市热岛的指标。相反,LST 与 NDVI 在不同季节都存在稳定的线性相关性,地表温度与 NDBI 线性关系的斜率和截距能够用来描述城市热环境的空间格局及随季节的变化状况,是定量研究城市热岛效应有

效物理指标,为利用遥感技术定量研究城市热岛效应提供了有效的方法与途径。

由于受气候条件的影响,我们只收集到一年中代表 3 个季节的图像。在后续的研究中,将收集不同年份、不同季相的完整遥感数据,进一步分析城市热岛的季相及年际变化,深刻理解城市环境变化及其环境效应,为城市环境管理和规划提供科学的依据。利用不同区域、不同时相的遥感序列数据进一步验证本文有关城市热环境空间格局及随季节变化与地表物理特征关系的初步结论,进一步分析指示

城市热岛效应定量指标的有效性。

参考文献:

- [1] Kalnay E, Cai M. Impact of Urbanization and Land-use Change on Climate[J]. *Nature*, 2003, 423: 528-531.
- [2] Roth M. Effects of Cities on Local Climates[C]//Proceedings of Workshop of Institute for Global Environment Studies/Asia-Pacific Network (IGES/APN) Mega-city Project, Kitakyushu, Japan (CD-ROM), 2002.
- [3] Weng Q. A Remote Sensing-GIS Evaluation of Urban Expansion and Its Impact on Surface Temperature in the Zhujiang Delta, China[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2001, 22: 1999-2014.
- [4] Zhou L, Dickinson R, Tian Y, *et al.* Evidence for a Significant Urbanization Effect on Climate in China[C]//Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2004, 101(26): 9540-9544.
- [5] Voogt J A, Oke T R. Thermal Remote Sensing of Urban Climates[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 86: 370-384.
- [6] Seto C K, Fragkias M. Quantifying Spatiotemporal Patterns of Urban Land-use Change in Four Cities of China with Time Series Landscape Metric[J]. *Landscape Ecology*, 2005, 20: 871-888.
- [7] Lo C P, Quattrochi D A, Luval J C. Application of High-resolution Thermal Infrared Remote Sensing and GIS to Assess the Urban Heat Island Effect[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1997, 18: 287-304.
- [8] Klysik K, Fortuniak K. Temporal and Spatial Characteristics of the Urban Heat Island of Lodz, Poland[J]. *Atmospheric Environment*, 1999, 33: 3885-3895.
- [9] Quattrochi D A, Luval J C. Thermal Infrared Remote Sensing for Analysis of Landscape Ecological Processes: Methods and Applications[J]. *Landscape Ecology*, 1999, 14: 577-598.
- [10] Streutker D R. Satellite-measured Growth of the Urban Heat Island of Houston, Texas[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 85: 282-289.
- [11] Roth M, Oke T R, Emery W J. Satellite Derived Urban Heat Islands from Three Coastal Cities and the Utilisation of Such Data in Urban Climatology[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1989, 10: 1699-1720.
- [12] Gallo K P, Owen T W. A Sampling Strategy for Satellite Sensor Based Assessment of the Urban Heat-island Bias[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2002, 23: 1935-1939.
- [13] Gallo K P, Owen T W. Assessment of Urban Heat Island: A Multi-sensor Perspective for the Dallas-Ft. Worth, USA Region[J]. *Geocarto International*, 1998, 13: 35-41.
- [14] Weng Q. Fractal Analysis of Satellite-detected Urban Heat Island Effect[J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2003, 69: 555-566.
- [15] Zhou Hongmei, Zhou Chenghu, Ge Weiqiang, *et al.* The Surveying on Thermal Distribution in Urban Based on GIS and Remote Sensing[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(2): 189-197. [周红妹, 周成虎, 葛伟强, 等. 基于遥感和 GIS 的城市热场分布规律研究[J]. *地理学报*, 2001, 56(2): 189-197.]
- [16] Chen Yunhao, Shi Peijun, Li Xiaobin. Research on Spatial Thermal Environment in Shanghai City Based on Remote Sensing and GIS[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2002, 31(2): 139-144. [陈云浩, 史培军, 李晓兵. 基于遥感和 GIS 的上海城市空间热环境研究[J]. *测绘学报*, 2002, 31(2): 139-144.]
- [17] Zhang Jiahua, Hou Yingyu, Li Guicai, *et al.* The Diurnal and Seasonal Characteristics of Urban Heat Island Variation in Beijingcity and Surrounding Areas and Impact Factors Based on Remote Sensing Satellite Data[J]. *Science in China Ser. D*, 2005, 35: 187-194. [张佳华, 侯英雨, 李贵才, 等. 北京城市及周边热岛日变化及季节特征的卫星遥感研究与影响因子分析[J]. *中国科学 D 辑*, 2005, 35: 187-194.]
- [18] Arnold C L, Gibbons C J. Impervious Surface Coverage: The Emergence of a Key Environmental Indicator[J]. *Journal of the American Planning Association*, 1996, 62: 243-258.
- [19] Yuan F, Bauer M. Comparison of Impervious Surface Area and Normalized Difference Vegetation Index as Indicators of Surface Urban Heat Island Effects in Landsat Imagery[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2007, 106(3): 375-386.
- [20] Lu D, Weng Q. Spectral Mixture Analysis of the Urban Landscape in Indianapolis with Landsat ETM+ Imagery[J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2004, 70: 1053-1062.
- [21] Lu D, Weng Q. Spectral Mixture Analysis of ASTER Imagery for Examining the Relationship between Thermal Features and Biophysical Descriptors in Indianapolis, Indiana[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2006, 104(2): 157-167.
- [22] Wu C, Murray T. Estimating Impervious Surface Distribution by Spectral Mixture Analysis[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 84: 493-505.
- [23] Wu C. Normalized Spectral Mixture Analysis for Monitoring Urban Composition Using ETM+ Image[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 89: 467-483.
- [24] Wu C, Yuan F. Seasonal Sensitivity Analysis of Impervious Surface Estimation with Satellite Imager[J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2007, 73(12): 1393-1401.
- [25] Mao K, Qin Z, Shi J, *et al.* A Practical Split-window Algorithm for Retrieving Land-surface Temperature from MODIS Data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2005, 26(15): 3181-3204.
- [26] Qin Z, Karnieli A. Progress in the Remote Sensing of Land Surface Temperature and Ground Emissivity Using NOAA-AVHRR Data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1999, 20: 2367-2393.
- [27] Kaufman Y J, Gao B C. Remote Sensing of Water Vapor in the Near IR from EOS/MODIS[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1992, 30(5): 871-884.
- [28] Zha Y, Gao J, Ni S. Use of Normalized Difference Built-up In-

dex in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(3): 583-594.

[29] Carlson T N, Gillies R R, Perry E M. A Method to Make Use of Thermal Infrared Temperature and NDVI Measurements to Infer Surface Soil Water Content and Fractional Vegetation Cover[J]. Remote Sensing Reviews, 1994, 9: 161-173.

[30] Gillies R R, Carlson T N, Cui J, et al. A Verification of the Triangle Method for Obtaining Surface Soil Water Content and Energy Fluxes from Remote Measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Surface Radiant Temperature[J]. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18: 3145-3166.

[31] Goward S N, Xue Y, Czajkowski K P. Evaluating Land Surface Moisture Conditions from the Remotely Sensed Temperature/Vegetation Index Measurements: An Exploration with the Simplified Simple Biosphere Model[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 79: 225-242.

[32] Weng Q, Lu D, Schubring J. Estimation of Land Surface Temperature/Vegetation Abundance Relationship for Urban Heat Island Studies[J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 89: 467-483.

Study on Urban Heat Island Effects and Its Associated Surface Indicators

ZENG Yong-nian^{1,2}, ZHANG Shao-jia^{1,2}, ZHANG Hong-hui^{1,2}, HUANG Wei^{1,2}, LIU Hui-min^{1,2}

(1. School of Info-Physics and Geomatics Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;
2. Department of Surveying Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: This study assesses surface urban heat island (UHI) and its associated surface physical characteristics using remote sensing approaches. TERRA/MODIS images acquired in 2005 in three different seasons were selected to generate land surface temperature and surface characteristics for the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan metropolitan area in China. The intensity of urban heat island effects and its seasonal variations were examined. The result showed that UHI effects were significant both in the summer and the spring. Land surface temperatures in the city were 8℃ to 10℃ warmer than those in surrounding rural areas in the spring and the summer seasons. Although UHI effects existed in the winter, they are not as significant. Land surface temperature in the city was 4℃ warmer than that in surrounding rural areas in winter. This study uses normalized difference vegetation index (NDVI) and normalized difference built-up index (NDBI) as indicators of surface physical characteristics and investigates the relationship between land surface temperature (LST), NDVI, and NDBI. Results from this study indicate that, while the relationship between LST and NDVI changes in different seasons, there is a strong positive linear relationship between NDBI and LST for all seasons. The amount of slope and intercept of linear relationship between NDBI and LST can indicate the magnitude of UHI for different seasons. This finding suggests that NDBI provides an alternative physical indicator for analyzing LST quantitatively over different seasons, and therefore providing a useful way to study UHI effects using remote sensing.

Key words: Urban heat island; Surface biophysical indicators; MODIS image; Changsha-Zhuzhou-Xiangtan area; China