

基于遥感的城市生态环境效应分析

——以西安市为例

张 苏¹,陈正江¹,谢元礼¹,段汉明²

1. 西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127

2. 河南工业大学 城市科学与区域发展研究所, 河南 郑州 450001

摘要: 本文以西安市为例,以 Landsat 8 OLI_TRIS 影像为研究数据,采用遥感反演方法提取城市建设用地、地表温度、植被及水体信息,并对多要素间的相关性进行定量表达与分析,结果表明:高建设用地密度地区的温差要明显小于低密度的建设用地地区,分散的城市绿地景观难以有效改善高密度建设用地区域的热环境。多元分析表明地表温度与建设用地正相关,与植被负相关。

关键词: 遥感;城市生态环境;效应分析

中图分类号: X87;X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)06-0852-04

Analysis of Effect on Urban Ecological Environment Based on Remote Sensing Data — A Case in Xi'an City

ZHANG Su¹, CHEN Zheng-jiang¹, XIE Yuan-li¹, DUAN Han-ming²

1. College of Urban and Environmental Science/Northwest University, Xi'an 710127, China

2. Institute of Urban Science and Regional Development/Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China

Abstract: In this paper, remote sensing inversion method was used to extract city impervious surface, the surface temperature, vegetation and water information by using the Landsat 8 OLI and TRIS image as the research data and the correlation between these factors were quantified to express and analyze. Results showed that high temperature difference in the construction land density regions was significantly less than the construction land areas of low density, scattered urban green space landscape was difficult to effectively improve the thermal environment of the high density opaque surface area. Multivariate analysis showed there was a positive correlation between the surface temperature and the construction land, however there was a negative correlation with vegetation.

Keywords: Remote sensing; Urban ecological environment; effect analysis

建设用地的不断扩展是城市快速发展的典型表征,建设用地的扩展使得原来以自然景观为主导的地表逐渐被人工建筑取代,引发城市生态环境产生变化的表象日趋明显^[1],认识城市建设与植被、地表温度等生态环境要素相互关系是开展城市建设与改善城市生态环境的重要前提。本文研究从遥感分析的视角,利用最新的 Landsat 8 OLI & TRIS 影像数据,通过遥感定量反演方法提取多类城市生态环境要素,进而分析多要素相关关系,探讨城市生态环境要素对建设用地的响应方式,为进一步城市建设及生态环境保护与修复研究提供参考。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况与实验数据

本文以西安市为研究对象,采用 2016 年 6 月 17 日 Landsat 8 OLI 与 TRIS 影像为研究数据,当日影像云量为 0.03%,植被覆盖程度较好,易于各项生态环境要素的反演与提取。

1.2 研究方法

研究通过定量遥感方法对多种城市关键环境要素进行反演,获取研究所需的各项城市生态环境参数,进而测度环境参数间的相关性,以期反映出城市生态环境效应的特征。

1.2.1 植被信息提取 开展植被研究使用最广泛认可度最高的是归一化植被指数 NDVI^[2,3],NDVI 是位于-1 到 1 间的指数,正值为植被信息,值越大植被特征越明显,因此本文采用 NDVI 做为植被信

收稿日期: 2016-06-09

修回日期: 2016-07-18

基金项目: 国家自然科学基金:西北主要城镇区域与 PREE 的动态模拟、空间整合研究(51178163)

作者简介: 张 苏(1984-),男,贵州人,博士研究生,主要研究方向为遥感与地理信息系统应用。E-mail:zsair@163.com

息的表征量, 计算公式如下:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

式中 NIR 为近红外波段, Red 为红光波段, 对应 OLI 影像 Band5 和 Band4。

1.2.2 地表温度提取 地表温度采用单通道算法反演地表温度^[4], 单窗算法是根据地表热辐射传导方程推导出的适用于陆地卫星 TM6 数据演算地表温度的方法, 该算法精度较高, 并通过多年验证能够真实地反映出地表热量的空间分布及差异状况, 公式如下:

$$\begin{cases} T_s = [K_2(\varphi_1 + \varphi_2)T_{10} + (1 - \varphi_1 - \varphi_2)T_{10}^2 - K_2\varphi_2T_2] / K_2\varphi_1 \\ \varphi_1 = \varepsilon_{10}\tau_{10} \\ \varphi_2 = (1 - \tau_{10})[1 + (1 - \varepsilon_{10})\tau_{10}] \end{cases} \quad (2)$$

式中 T_s 单位为 K; τ_{10} 为 TIRS 的大气透过率(无量纲); ε_{10} 为 TIRS10 的地表发射率(无量纲); T_{10} 为 TIRS10 的亮温; K_2 为常数 1321.08。

1.2.3 水体信息提取 归一化水体指数(MNDWI)是徐涵秋于 2005 年提出的一种新型水体指数^[4], 有实验表明 MNDWI 提取水体具有较高的精度, 其计算公式如下:

$$MNDWI = \frac{GREEN - MIR}{GREEN + MIR} \quad (2)$$

式中 Green 为绿光波段, MIR1 为中红外第 1 波段, 对应 OLI 影像 Band 3 和 Band 6^[5]。

1.2.4 城市建设用地提取 建筑指数(ABI)是一种新型的建设用地指数, 能够有效地增强影像中建设用地信息进而提取出较为精确的建设用地指数^[6]。ABI 指数计算方法见公式组 3。

$$\begin{cases} ABI = \frac{[NDBI - (SAVI + MNDWI) / 2]}{[NDBI + (SAVI + MNDWI) / 2]} \\ NDBI = \frac{MIR - NIR}{MIR + NIR} \\ MNDWI = \frac{GREEN - MIR}{GREEN + MIR} \\ SAVI = \frac{(NIR - RED)(1 + NDVI)}{(NIR + RED + NDVI)} \\ NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \end{cases} \quad (3)$$

式中 MIR 为中红外波段, NIR 为近红外波段, Red 为红色波段, Green 为绿光波段, 分别对应 OLI 影像 Band6、5、4、3。

2 实验结果与分析

2.1 实验结果

利用本文前述各类方法反演出西安地区地表温度、植被、水体与建设用地等专题信息(图 1), 从图上可以看出经过遥感反演提取出的各种城市生态要素质量较好, 主体内容突出。

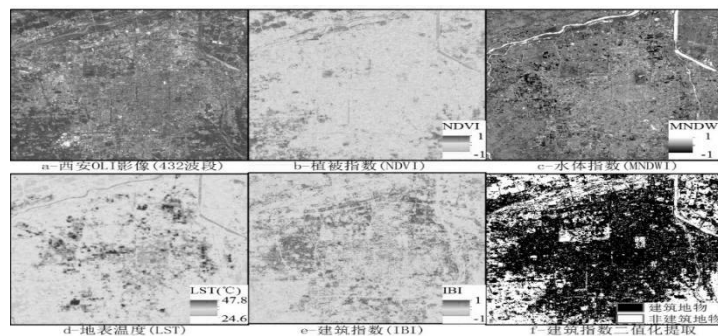


图 1 西安市 2014 年 OLI 影像及反演指标

Fig.1 OLI image and retrieval index of Xi'an City in 2014

由于各类要素量纲的差异，为了比较各类要素的关系，在回归分析前对提取到的地表温度、植被指数、建设用地指数与水体指数进行正规化处理，使其均统一到 0~1 之间，进而采用趋势模拟，寻找各要素间的相关关系。在研究区内采样 40794 个，通过足量的样点保证研究中回归分析的有效性，且文中各回归方程均通过 1% 的显著性检验。

2.2 建设用地密度与地表温度的关系

本文研究利用栅格空间分析法，以 9×9 邻域大小计算这 81 个栅格中的建设用地总和，再转换为密度值，将密度值按 10% 递增划分为 10 个等级。图 2 是不同等级建设用地与其地表温度的对应关系，温度统计的是各密度等级栅格对应地表温度的平均值，增加温度是高密度等级对应前面低一级的温度平均值的增量，高于均温比例是统计的该密度等级中高于研究区平均温度的面积占该密度等级总面积的比例。

从平均温度上看，建设用地密度等级与温度呈线性相关，但从温度的增加值上看不透水面与地表温度之间并非简单的线性相关。当建设用地密度在 0~10% 时，温度要比前一密度级高 0.56 °C，而到 70~80% 密度级时，温度只增加了 0.1 °C，建设用地密度等级与温度增量之间更趋向于一种对数关系，随着建设用地密度的增加，不同密度等级间的温度差异逐渐减小。通过比较不同密度等级内各像元温度与研究区平均温度发现，随着密度等级增加，该等级内高于均温的面积比例快速增高，两者呈现对数相关关系，当建设用地密度在 60~70 时，该等级内已有超过 92% 的地区温度要高于平均温度。

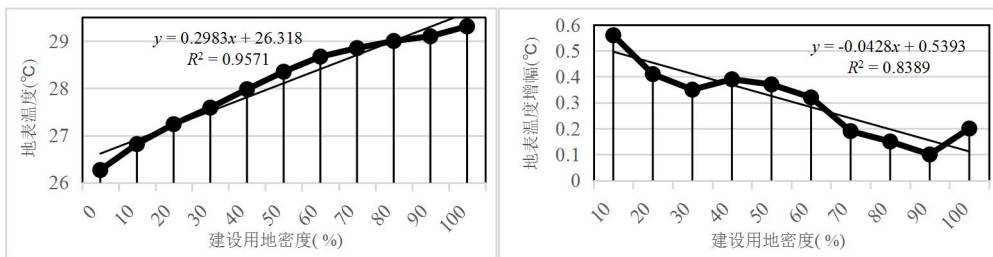


图 2 地表温度随建设用地密度变化趋势

Fig.2 The change trend of land surface temperature with the density of construction land

2.3 城市建设用地与地表温度、植被的关系

图 3 是建设用地指数(IBC)与地表温度(LST)、植被(NDVI)的关系散点图。从图上看，建设用地与植被指数呈明显负相关、与地表温度大致呈正相关。结果显示建筑指数越高建筑密集越大的地区其绿地面积呈明显下降趋势，在这一变化过程中，地表温度随着建设用地指数增大而增加，从定量的角度说明了城市热岛效应的集聚现象。而植被指数与地表温度呈大致负相关的结果也显示出绿地对于降低地表温度、改善城市热环境的作用。

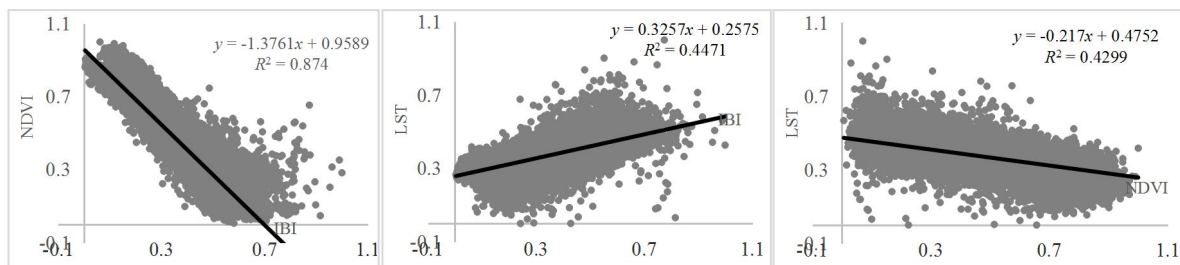


图 3 建设用地与地表温度、植被的关系图

Fig.3 The relationship among IBC、LST and NDVI

在以上分析基础上，通过回归分析将地表温度(LST)作为因变量，建筑指数(IBC)、植被指数(NDVI)和水体指数(MNDWI)作为自变量，得到以下回归公式：

$$LST = 0.5587 + 0.2006IBC - 0.5916NDVI \quad (R^2 = 0.8794) \quad (7)$$

以上关系式中, IBI 和 NDVI 两种指数在回归中通过了 1% 的显著性检验, 而 MNDWI 未能通过, 分析原因发现水体指数在大于 0 时对于水体的识别度较高, 但小于 0 的水体指数值因其对于建筑用地和非建筑用地无法判识, 因此该指数与地表温度的线性关系不显著。而通过对 LST、IBI 和 NDVI 三种指数组成的空间散点图来看, 三者构成了显著的三维柱体形状, 柱体底部以温度较低的植被为主, 顶部则是以温度高、植被少的高密度建筑用地为主。

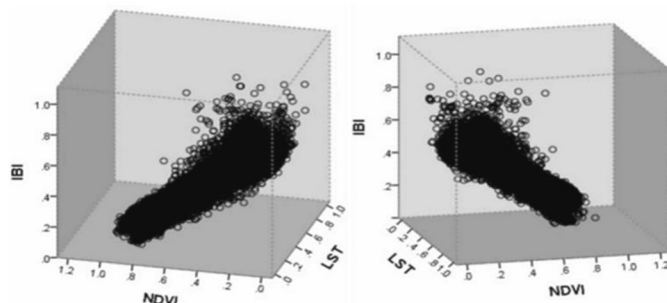


图 4 植被指数、地表温度与建设用地三维空间散点图

Fig.4 3D-scatter plot of NDVI、LST and IBI

3 结论与讨论

(1)通过遥感定量反演提取了西安城市建设用地、地表温度、植被和水体等多类城市生态环境要素。对要素间相关关系的定量分析结果表明建设用地与地表温度正相关, 建设用地与植被负相关, 植被与地表温度负相关, 建设用地指数、植被与地表温度存在三维空间柱形相关特征。这样的相关结果进一步印证了城市建设用地规模与地表增温过程关联显著, 而绿地对于调节城市热环境具有显著作用。

(2)本文探讨了建筑密度与地表温度的相关关系。总体上地表温度与建筑密度呈正相关的特征, 且进一步分析发现地表温度的增量随建筑密度增加具有降低的特征, 这一特征反过来可认为通过降低城市中的建筑密度能够有效降低地表温度, 且建筑密度越低其相应的地表降温程度越高。因此在改善城市生态环境方面, 通过增绿增湿的方法分割连片建设用地以降低城市建设用地密度是调节城市热环境的有效手段之一。实验结果显示增加植被对城内有一定降温作用, 但是当建筑密度过高时, 其降温作用是有限。由此期望通过城市绿化的方式改善城市热环境, 城市的绿化过程不应仅停留在景观绿化阶段, 需要有结构有层次的城市生态用地布局, 通过城市绿地廊道甚至大量细碎绿地斑块建设实现对城市建设用地的分割分散, 降低建筑密度, 有重点的在建筑密度较高的区域及地表增温作用明显的地区增加城市生态用地布局是缓解城市热岛效应、改善城市生态环境的有效对策。

致谢:本文使用的 Landsat 8 OLI&TIRS 影像数据获取于 USGS 网站, 特此致谢。

参考文献

- [1] 陈利顶,孙然好,刘海莲.城市景观格局演变的生态环境效应研究进展[J].生态学报,2013,33(4):1042-1050
- [2] 张 军,贾春蓉,李 鹏,等.陕西省丹江流域 NDVI 分布及其与土地利用的关系[J].中国水土保持科学,2016,14(2):67-73
- [3] 吴秉校,侯 雷,宋敏敏,等.西安市 NDVI 时空演变分析[J].西北林学院学报,2016,31(4):213-220
- [4] 徐涵秋.新型 Landsat 8 卫星影像的反射率和地表温度反演[J].地球物理学报,2015,58(3):741-747
- [5] 潘 玥,张立亭.基于 OLI 影像的几种常用水体提取方法对比研究[J].江西科学,2015,33(5):660-665
- [6] 郝莹莹,彭义东,罗小波.建筑指数 IBI 与 NDBI 的差异及对城市热岛的响应关系[J].信息系统工程,2014(10):126-133