

文章编号:1001-4179(2013)19-0088-03

# 上海城区不同类型水体与地表温度关系研究

胡 云

(上海市青浦区徐泾水务管理所,上海 201702)

**摘要:**城市热岛效应影响着城市小环境气候变化和居民生活环境质量,是目前快速城市化进程中最具代表性的区域生态环境问题之一。以上海市外环以内区域为研究对象,采用 TM 遥感影像,分析了城市地表温度特征,结合 GIS 空间分析技术,探讨了城市不同类型水体与地表温度之间的关系。研究表明:在各种城市水体类型中,港口码头的平均温度最高,其次是滩涂;湖泊的平均温度最低;河流和湖泊之间没有显著的差异性,但与其他水体均表现出极显著的差异;从相关性分析来看,地表温度与斑块密度、斑块形状指数和斑块结合度指数具有显著相关性;斑块密度和斑块结合度指数是影响城市水体地表温度的主要因素。

**关键词:**地表温度;遥感影像;水体温度;GIS技术;上海市

**中图法分类号:** X171.1      **文献标志码:** A

随着城市化进程的加快和社会经济的快速发展,城市面积不断扩大,不透水地表面积占比增加,生产、生活过程中消耗了大量能源,产生的废气和粉尘等污染物直接排放到大气中,使得城市热岛效应更加严重,不仅给城市生态环境带来严重的影响,而且也影响着城市居民的生存条件和生活质量。如何合理规划城市、减缓城市热岛效益,已经成为目前国内外研究的重点和热点。

城市绿地是构成城市生态系统的重要组成部分,植被指数很早就用于城市热岛研究中。1993年, Gallo 等首次利用植被指数估算了城市热岛效应在城乡气温差异方面的作用,指出植被指数和城乡气温之间存在明显的线性关系<sup>[1]</sup>。随后,归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)被广泛用于地表温度(land surface temperature, LST)与城市热岛的研究中<sup>[2]</sup>。城市水体也是城市地表重要的要素之一。水体具有较大的热惯性和热容量值、较低的热传导和热辐射率<sup>[3]</sup>。徐涵秋的研究表明,城市水体对城市地表温度具有降温作用<sup>[4]</sup>;曹璐等的研究也表明,地表温度与改进的归一化差值水体指数(modified normalized difference water index, MNDWI)呈现显著线性关系<sup>[2]</sup>。

城市水体类型多种多样,缓解热岛效应的效果也不尽相同。因此,研究不同城市类型水体对于缓解城市热岛效应,改变城市局部小气候的作用具有重要意义<sup>[5]</sup>。而目前,从局地效应角度对这些水体的环境效益评价实践还非常缺乏。本研究选取上海市5种典型城市水体类型,通过遥感反演和统计分析,比较城市不同水体缓解热岛效应的效果,为缓解上海城市热岛效应、城市规划与管理提供科学依据。

## 1 研究区域与研究方法

### 1.1 研究区概况

上海地理位置位于120°51'E~122°12'E, 31°40'N~31°53'N之间,总幅员面积6 340.5 km<sup>2</sup>;2010年年末常住人口达到2 302.66万人。本研究范围为上海市外环以内区域,总面积657.91 km<sup>2</sup>,区内包括绿地、道路、水体、居民区等多种土地利用类型。

### 1.2 数据来源及预处理

本研究中采用的资料为 Landsat TM 影像,成像时间为2011年5月20日,轨道号为118/38,在 Erdas 软件下进行多波段融合后,对影像进行投影转换,将投影

系统转换为 UTM/WGS84。

### 1.3 地表温度反演

地表温度 (LST) 反演采用 Artis 和 Carnahan (1982)<sup>[6]</sup> 的算法,计算公式为

$$LST = \frac{T}{1 + (\lambda T / \rho) \ln \varepsilon} \quad (1)$$

式中,  $\lambda$  为 TM6 波段的中心波长,取  $11.5 \mu\text{m}$  (Markham & Barker, 1985)<sup>[7]</sup>;  $\rho = hc / \sigma = 1.438 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$ ,  $\sigma$  为斯特藩 - 波尔兹曼常数 ( $1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ ),  $h$  为普朗克常数 ( $6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$ ),  $c$  为光速 ( $2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$ );  $\varepsilon$  为地表比辐射率;  $T$  为传感器温度值。

采用 Sobrino 等(2004)的 NDVI 阈值法,分以下 3 种情况计算地表比辐射率<sup>[8]</sup>。

(1)  $NDVI < 0.2$ , 像元看成裸地,地表比辐射率等于土壤的比辐射率;

(2)  $NDVI > 0.5$ , 像元看成全部覆盖植被,地表比辐射率等于植被的比辐射率;

(3)  $0.2 \leq NDVI \leq 0.5$ , 不同地表覆盖类型的混合像元,其比辐射率采用下式进行计算:

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) + d\varepsilon \quad (2)$$

$$d\varepsilon = (1 - \varepsilon_s) (1 - P_v) F\varepsilon_v \quad (3)$$

$$P_v = \left( \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right)^2 \quad (4)$$

式中,  $\varepsilon_v$  为植被比辐射率,  $\varepsilon_s$  为土壤比辐射率, 分别取值 0.99 和 0.97<sup>[9]</sup>;  $d\varepsilon$  为包括自然表面的几何分布和内部反射的影响因子;  $F$  为形状因子, 取值 0.55;  $NDVI_{\max}$  取 0.5;  $NDVI_{\min}$  取 0.2。

传感器温度值 ( $T$ ) 采用以下公式进行计算<sup>[10]</sup>:

$$T = \frac{K_2}{\ln(K_1 / L_6 + 1)} \quad (5)$$

$$L_6 = L_{\min} + (L_{\max} - L_{\min}) / 255 \times DN \quad (6)$$

式中,  $K_1$  和  $K_2$  为 TM6 波段的标定参数, 分别取值为 607.76, 1 260.56  $\text{mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{ster} \cdot \mu\text{m})$ ;  $L_6$  为 TM6 的像元在传感器处的辐射值;  $DN$  为像元灰度值;  $L_{\max}$  和  $L_{\min}$  分别为该波段探测器可探测的最高和最低辐射值, 分别取 1.530, 0.124  $\text{mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{ster} \cdot \mu\text{m})$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 地表温度空间分布特征

基于 GIS 技术, 本研究对上海市外环内的地表温度进行了反演, 结果如表 1 和图 1 所示。上海市外环以内的城市水体主要分为河流、湖泊、池塘等 6 种类型。从分析结果来看, 港口码头的平均温度最高, 为

17.96℃; 其次是滩涂, 为 16.65℃; 湖泊的平均温度最低, 为 15.39℃。从地表温度的最小值来看, 池塘最低, 仅为 12.21℃; 其次是湖泊, 为 13.51℃; 滩涂最高, 为 15.58℃。从地表温度的最大值来看, 港口码头最高, 为 22.05℃; 而湖泊最低, 为 17.47℃。

表 1 不同类型水体地表温度反演特征值 °C

水体类型	最小值	最大值	平均值	标准差
河流	13.67	21.60	16.33	1.07
湖泊	13.51	17.47	15.39	0.74
池塘	12.21	20.24	16.42	0.99
港口码头	14.63	22.05	17.96	1.13
水产养殖	14.42	18.40	16.23	0.68
滩涂	15.58	18.40	16.65	0.72

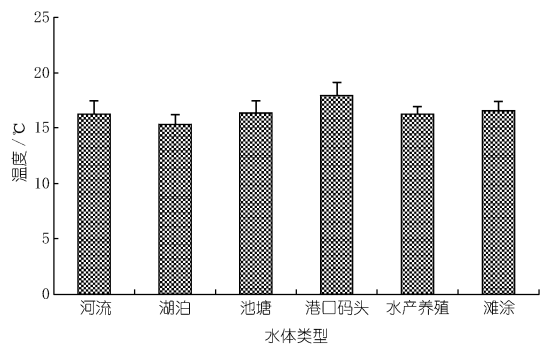


图 1 不同水体类型地表温度均值

上海城市水体的空间分布及其与地表温度的关系, 如图 2 所示, 河流主要为南北走向的黄浦江和苏州河及其他一些小河流, 分布于研究区的四周, 尤其在东南角区域比较密集。

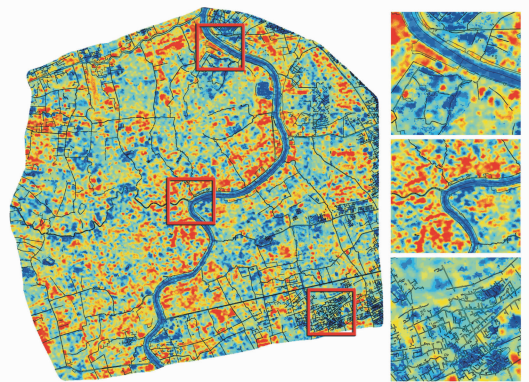


图 2 不同水体地表温度空间分布

### 2.2 地表温度与水体类型的定量关系

为了研究城市不同类型水体地表温度的差异性, 本次研究中, 对每一种类型水体随机选取 80 个采样点, 并分别提取与这些点对应的地表温度, 借助 SPSS 软件, 采用 t 检验进行显著性分析, 结果如表 2 所示。

分析结果表明, 河流和湖泊之间没有显著的差异性, 但与其他水体均表现出了极显著的差异, 河流和湖

泊的温度均显著低于其他水体类型。此外,池塘和滩涂之间也没有显著的差异性,说明它们的温度处于相当的水平。

表 2 城市不同水体类型地表温度的差异性分析

水体类型	河流	湖泊	池塘	港口码头	水产养殖
湖泊	1.0340				
池塘	-6.91**	-8.63**			
港口码头	-11.07**	-12.15**	-6.64**		
水产养殖	-3.15**	-4.37**	3.29**	8.60**	
滩涂	-8.08**	-9.85**	-1.38	5.68**	-4.48**

注:\*\*表示差异极显著,0.01水平。

### 2.3 地表温度与水体空间格局的单因子分析

为了弄清不同类型水体的空间格局特征对地表温度的影响,进一步提取各采样点对应的各种景观指数,并利用 SPSS 软件进行 Pearson 相关性分析,结果如表 3 所示。

表 3 水体格局指数与地表温度相关性分析

项目	斑块密度	最大斑块指数	斑块形状指数	斑块结合度指数	斑块聚集度指数
地表温度	0.851*	0.475	0.849*	0.833*	0.124
最小值	0.059	0.048	0.320	0.615	0.848*
最大值	0.905*	0.829*	0.653	0.319	0.256
标准差	0.887*	0.789	0.628	0.206	0.361
LPI	0.972**				
LSI	0.985**	0.928**			
COHESION	0.184	0.406	0.071		
AI	0.308	0.076	0.423	0.852*	

注:\*\*表示差异极显著,0.01水平;\*表示呈显著差异,0.05水平。

由表 3 可看出,地表温度与斑块密度、斑块形状指数和斑块结合度指数均具有显著相关性;地表温度的最小值与斑块聚集度之间,最大值与斑块密度、最大斑块指数之间具有显著相关性,而标准差仅与斑块密度具有显著相关性。

水体格局指数之间,斑块密度与斑块形状指数、最大斑块指数之间,斑块形状指数与最大斑块指数之间均具有极显著的相关性;斑块聚集度指数和斑块结合度指数之间具有显著相关性;其他指数之间未表现出任何显著相关性。

### 2.4 地表温度与水体空间格局的多因子分析

本研究进一步对多元空间数据进行回归分析,得出影响地表温度的主要、次要因素及其权重大小,结果如下式所示。

$$LST = 0.6PD - 0.567COHESION (R^2 = 0.972, P < 0.01) \quad (7)$$

式中, $LST$ 为地表温度, $PD$ 为斑块密度, $COHESION$ 为斑块结合度指数。

从式(7)可以看出,斑块密度和斑块结合度指数共同作用,影响着城市水体的地表温度。其中对地表

温度影响最为严重的是斑块密度,其次是斑块的结合程度。

## 3 结论与讨论

本文以 TM 遥感数据为基础,使用热红外信息处理和 GIS 空间分析方法,以上海市外环以内区域为例,重点研究了城市水体的热环境效应,发现城市水体低温分布十分明显,但是不同类型水体之间温度效应的差异性也非常显著。河流和湖泊的温度显著低于其他几类水体,说明其对调节城市热岛效益具有更重要的作用。

城市水体的空间分布格局对地表温度也有显著的影响。从两两相关性分析来看,地表温度与斑块密度、斑块形状指数和斑块结合度指数具有显著相关性,地表温度的最小值与斑块聚集度之间,最大值与斑块密度、最大斑块指数之间具有显著相关性,而标准差仅与斑块密度具有显著的相关性。地表温度与水体格局之间的关系并不完全是简单的单因素所决定的,而是由多种下垫面特征综合作用决定的。斑块密度和斑块结合度指数是影响城市水体地表温度的主要因素,其中,对地表温度影响较大的是斑块密度,其次是斑块结合程度。

在城市规划建设中,通过在城区规划建设不同类型的水体,可以达到降低城市污染,缓解热岛效应的目的。这些已经为城市规划和政策制定者所认可,但如何从生态学的角度设置与配置不同大小、不同形状的水体景观,并使其生态效益最大化是值得进一步探讨的课题,本研究为解决这一问题提供了一定的参考依据。

### 参考文献:

- [1] Gallo K P, Mcnab A, Karl T R, et al. The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect[J]. Journal of Applied Meteorology, 1993, 32(5): 899 - 908.
- [2] 曹璐, 胡瀚文, 孟宪磊, 等. 城市地表温度与关键景观要素的关系[J]. 生态学杂志, 2011, 30(10): 2329 - 2334.
- [3] Wilson J S, Clay M, Martin E, et al. Evaluating environmental influences of zoning in urban ecosystems with remote sensing[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 86(3): 303 - 321.
- [4] 徐涵秋. 城市不透水面与相关城市生态要素关系的定量分析[J]. 生态学报, 2009, 29(5): 2456 - 2462.
- [5] 丁圣彦, 曹新向. 清末以来开封市水域景观格局变化[J]. 地理学报, 2004, 59(6): 956 - 963.
- [6] Artis D A, Carnahan W H. Survey of emissivity variability in thermography of urban areas[J]. Remote Sensing of Environment, 1982, 12: 313 - 329.

律层次较低,仅将土地使用权入股作为一种选择性的指导方式,对具体的操作规则没有任何规定,不利于施行。满足上述前提条件以后,移民补偿才能进入投资性补偿的最高阶段。

移民补偿是一项社会工程,解决移民补偿问题,必须从可持续发展的战略高度探索适合我国国情的道路,使工程建设与移民发展相协调,移民生活状况与国家经济发展相协调,力求在公平补偿基础上实现移民生产、生活的可持续发展。作为投资性补偿的实现方

式,“长期补偿”阶段和“补偿安置费入股”阶段的试点工作已陆续展开,并取得了良好效果,“土地使用权入股”的试点工作也需要有计划地进行,为以后的普遍实行作必要的准备。

#### 参考文献:

- [1] 唐玮玮,庾一红,刘洪潭.水电工程移民安置建设费概算编制有关问题探讨[J].人民长江,2013,44(4):104-106.
- [2] 胡宝柱,周金存.水库移民长期补偿安置实施方式与效果分析[J].人民长江,2011,42(7):95-98.

(编辑:邓玲)

## Problems in resettlement compensation of hydropower project and countermeasures in China

LI Ruohan<sup>1</sup>, ZHEN Lu<sup>2</sup>

(1. Law School, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. Changjiang Area Economic School of Hubei Academic of Social Science, Wuhan 430077, China)

**Abstract:** Since the foundation of new China, the resettlement compensation of hydropower project has experienced three phases, two policy changes and considerable progress has been achieved, but some problems are still existed in resettlement compensation standard, compensation scope and method. In order to realize sustainable development and continuous improvement of living level of relocates based on fair compensation, by comparing the experience of foreign countries and with combination of the practical condition in China, the idea of investment compensation is put forward. It is demonstrated that compensation should be implemented in 3 stages in China, and the detail problems such as long-term compensation, share investment by resettlement compensation fees, share investment by land use rights are discussed. Investment compensation can help to mitigate the contradiction in reservoir area at present and realize the sustainable economic development in reservoir area step by step.

**Key words:** resettlement compensation; transfer of value theory; investment compensation; resettlement of hydropower project

(上接第90页)

- [7] Markham B L, Barker J L. Spectral characterization of the Landsat Thematic Mapper Sensors[J]. International journal of Remote Sensing, 1985, 6: 697-716.
- [8] Sobrina J A, Jimenez-Munoz J C, Paolini L. Land surface temperature retrieval from Landsat TM 5[J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 90: 434-440.
- [9] Li F, Jackson T J, Kustas W P, et al. Deriving land surface temperature from Landsat 5 and 7 during SMEX02/SMACEX[J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 92: 521-534.
- [10] 徐涵秋.基于城市地表参数变化的城市热岛效应分析[J].生态学报, 2011, 31(14): 3890-3901.

(编辑:常汉生)

## Research on relationship of different water bodies and surface temperature in Shanghai City

HU Yun

(Xujing Water Affair Management Department of Shanghai City, Shanghai 201702, China)

**Abstract:** Urban heat island effect influences the change of urban microclimate and living quality improvement of urban citizens, and is one of the most representative regional ecological problems in the process of quick urbanization. Taking the area in the outer ring road of Shanghai City as a research object and utilizing the TM imagine data, this paper analyzes the surface temperature characteristics of Shanghai City by spatial GIS analysis technology and the relationship of different water bodies and surface temperature in the city is explored. The analysis results show that the average temperature of port is highest, followed by beaches; the average temperature of lakes is the lowest; there is no obvious difference between lake and river while there is very obvious difference between lake or river and other water bodies; in the view of correlation, the surface temperature has significant correlation with patch density, patch shape index and patch cohesion; patch density and patch cohesion are main factors influencing the surface temperature of urban water body.

**Key words:** surface temperature; remote sense imagine; water body temperature; GIS technology; Shanghai City