

# 基于遥感的城市扩张与城市热岛的关系研究

陈彬彬, 陈亮

河海大学水文水资源学院地理信息科学系, 南京 (210098)

E-mail: [chbinb@163.com](mailto:chbinb@163.com)

**摘 要:** 城市化使得城市数量和规模不断增加, 其中城市内部温度显著高于周边郊区的热岛效应是城市气候中典型的特征之一。南京市江宁区正处于工业化与城市化快速发展的时期, 近年来城市扩张速度较快, 城市热岛效应明显。本文应用两个时相的 Landsat TM 和 ETM+ 数据, 对江宁区进行城市扩张和城市热岛提取, 并对其关系进行分析。结果表明, 不同地物覆盖对地表温度的影响一样, 植被与地温度呈负相关, 城市化使得热岛效应进一步加剧。

**关键词:** 城市扩张, 城市热岛, 亮温

## 1. 引言

城市热岛是城市气候中典型的特征之一。城市热岛效应是由于人口密集、产业集中形成市区温度高于郊区温度的现代城市小气候现象。它不仅是一种大气热污染现象, 也是城市环境的一个不可缺少的重要组成部分参数。随着城市发展迅猛, 城市热岛效应日益加剧, 国内外许多学者对此作了大量研究。Masek 等(2000)用 Landsat MSS 和 TM 影像及其所衍生的植被数据研究了美国首都华盛顿的城市化及相关变化; 周红妹(2001)结合遥感和 GIS 技术研究了上海城市热岛的动态变化; 张穗(2003)利用 TM6 数据采用 IHS 图像复合增强的方法得到武汉市地面热场分布图, 取得了较好的模拟效果。黄容峰(2005)利用 Landsat ETM+影像的热红外波段, 研究城市热岛的分布规律, 同时研究了不同土地利用类型的可见光、近红外、中红外与热红外波段的关系, 以揭示土地利用/覆盖与城市热环境的关系。

南京市江宁区正处于工业化与城市化快速发展的时期, 近年来城市扩张速度较快, 因此本文以江宁区为研究区, 进行城市扩张与热岛关系分析研究。

## 2. 研究区概况及数据

江宁区地处位于秦淮河与长江交汇处, 南京市区以南, 面积 1573 平方公里, 人口 76 万, 分别为南京市总面积和总人口的 23.9%和 13.4%。江宁原是南京的一个郊县, 2001 年撤县建区, 成为南京的新市区。五年来, 江宁围绕建设高科技花园城市, 加快城市化、城乡一体化进程, 实现由郊县向南京新市区迈进的历史性转变。江宁区未来发展目标定位是: 南京新区、高新技术产业密集区、都市农业集中区。江宁区正处在城市化进程飞速发展的阶段<sup>[1]</sup>。本文将研究区分为: 耕地、植被、建筑、水体、未利用地。

本研究选用 1988 年 7 月 5 日和 2002 年 8 月 21 日的两个时相的 Landsat TM 和 ETM+数据进行研究。

## 3. 遥感影像处理

### 3.1 城市土地覆盖分类

本文采用支持向量机对研究区进行土地覆盖分类, 支持向量机选用的是多类 SVM 分类器。支持向量机的核函数选择径向基函数, 参数确定采用的是交叉验证法, 支持向量机惩罚因子 C 分别为 60, 核函数宽度  $\delta$  分别为 0.3, 结果见图 1、2<sup>[2]</sup>。

本文随机采了 1000 个点, 对照原图进行目视判读做精度评价。1988 年分类结果总体精

度为 85.3%，建设用地精度为 87.2%；2002 年分类总体精度为 88.5%，建设用地为 90.2%。

结合图 1、2 进一步分析，建设用地仍存在一些漏分，主要是将其分类为耕地和草地，根本原因还是混合像元的问题，主要是城市的绿地与城市居民地，道路两边的行道树与道路，乡村零散的居民地与耕地存在较多的混合像元。

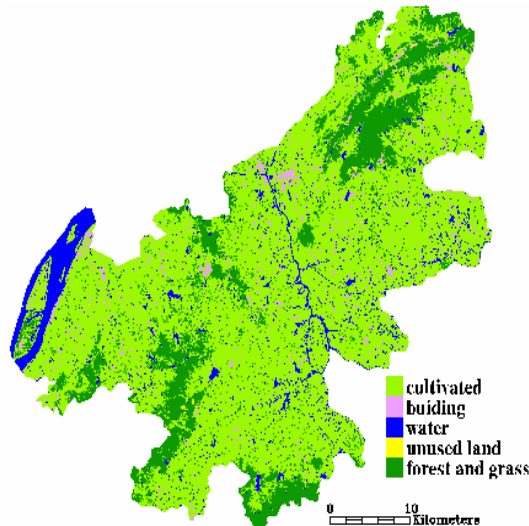


图 1 1988 年江宁区分类结果

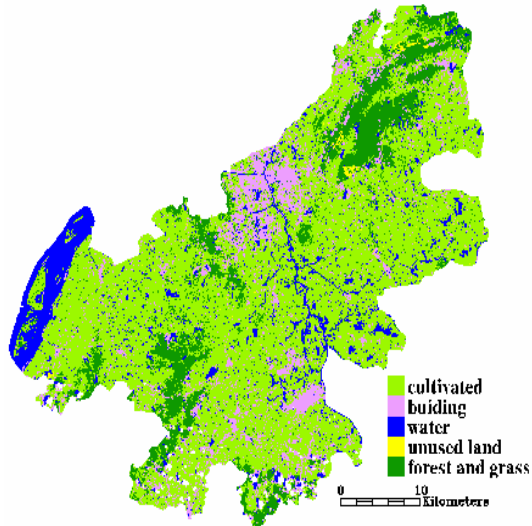


图 2 2002 年江宁区分类结果

### 3.2 亮温提取

Landsat ETM+6 波段接收的是与地表温度高低相对应的热红外辐射强度。因此，通过 6 波段所接收到的地面各处的热辐射值(在图像中以灰度值表示)可以算出对应的地面温度。但卫星在接收地面热红外辐射过程中受到了大气和地表等诸多复杂因素的干扰，因此其准确的温度反演十分复杂。不过由于城市热岛研究大多注重的是温度相对强弱的空间分布特点，且城市下垫面辐射温度与低空(1.5m)气温呈显著线性关系，因此，可以用地面辐射温度(即亮温)来研究城市热岛<sup>[3]</sup>。

大气顶部的地物辐射亮度为：

$$L_{\lambda} = Gain_{\lambda} \cdot DN_{\lambda} + Bias_{\lambda} \quad (1)$$

式中， $L$  是地物在大气顶部的辐射亮度， $DN$  是象元值， $Gain$  和  $Bias$  可以从头文件中得到。

地面亮温的公式为：

$$T_b = K_2 / \ln(K_1 / L_{\lambda} + 1) \quad (2)$$

式中，对于 TM， $K_2=1260.56$ ， $K_1=607.76$ ；对于 ETM+， $K_2=1282.71$ ， $K_1=666.09$ 。由式(1)，(2)可知，地物的传感器温度仅与其灰度值有关，灰度值越大，温度越高<sup>[4]</sup>。

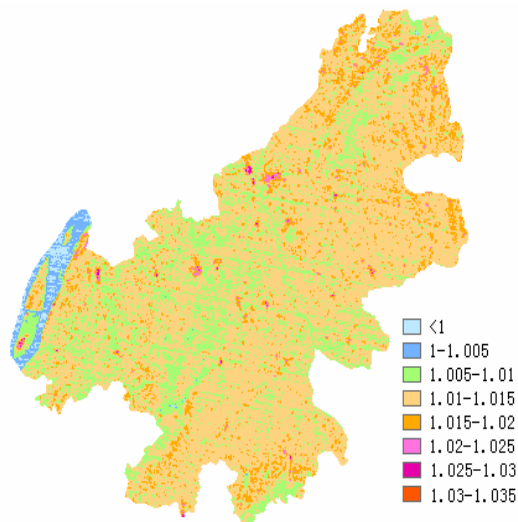


图 3 1988 年江宁区热岛分布图

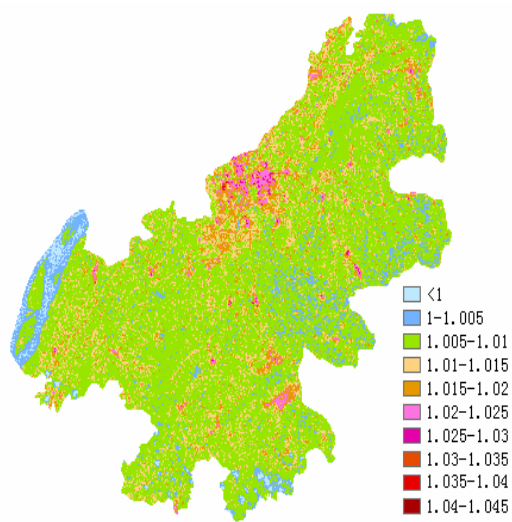


图 4 2002 年江宁区热岛图

水体因比热大、热惯量小和对流等原因，其温度在空间上比较稳定。其时间上的差异主要是由太阳辐射量变化及大气条件变化引起的。为了研究城市下垫面自身状态变化引起的热场变化，用长江水体对数据进行规范化(标准化)处理。具体方法为：在两个 6 波段数据上分别采集基本相同的水体样本(AOI)，以其 DN 均值除对应的 6 波段 DN 数据。处理后的数据都各自以长江水体辐射值作为参照基准，较好地消除了时相引起的辐射差异，提高了可比性<sup>[5]</sup>。根据亮温的最高、最低值，将该研究范围内的温度等分为 8 个等级，如图 3、4。

4. 结果分析

4.1 亮温与地物覆盖分析

表 1 1988 年各地物亮温统计表

相对亮温值	建筑	植被	耕地	水体	裸地
最小值	0.9952	1.0039	0.9967	0.9967	0.9952
最大值	1.0345	1.0264	1.0291	1.0291	1.0318
均值	1.0166	1.0112	1.0120	1.0071	1.0152
方差	0.0038	0.0022	0.0020	0.0048	0.0055

表 2 2002 年各地物亮温统计表

相对亮温值	建筑	植被	耕地	水体	裸地
最小值	0.9974	0.9974	0.9974	0.9938	1.0006
最大值	1.0401	1.0302	1.0302	1.0033	1.0368
均值	1.0149	1.0094	1.0081	1.0054	1.0138
方差	0.0045	0.0024	0.0023	0.0036	0.0052

由表 1 和表 2 可以看出，亮温与地表覆盖有一定的相关性。总体而言，建筑和裸地的亮温较大，植被和耕地的其次，水体最小。建筑是由混凝土、砖瓦、沥青等物质组成，基本没有储水能力，其比热小，随着太阳的直射，温度升得较快，同时，城市内部的空气流动性较差，在城市上空易形成热岛效应，因此，其温度最高；但是由于其物质组成的差异很大，不同物质对光谱的吸收和自身的比热存在较大差异，因而其方差较大。裸地大都有岩石组成，其温度也很高。植被和耕地具有蒸腾作用，对温度具有一定的调节能力。而水体的比热大，具有很强蒸发能力，因此其温度最低。

## 4.2 植被覆盖与热岛关系

以 1988 年为例, 进一步研究植被与热岛的关系, 从图 5 可以看出, 植被与亮温有很好的相关性, 呈负相关, 相关系数达 0.74。由此可知, 同等条件下, 植被覆盖越好, 地面温度越低。这是因为植被就有蒸腾作用, 对周围的温度具有一定调节作用<sup>[6]</sup>。

## 4.3 城市扩张分析

从图 6 可以看出, 2002 年建设用地相对于 1988 年建设用地有大范围的增加。在城市扩张过程中, 旧城区向外扩张、新建机场、修建道路占用了大量耕地。旧城区向外扩张, 不断蔓延, 将秦淮河两边的城区连成一片; 随着机场和道路的修建, 大量的居民地及其他公共设施在机场和道路周围建立, 成条带型扩张。

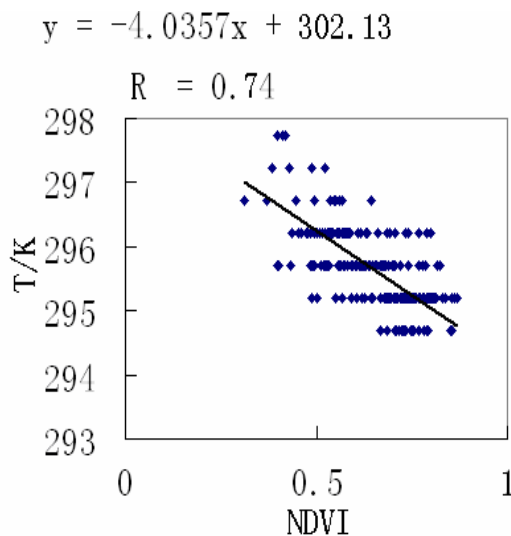


图 5 亮温与植被指数关系图

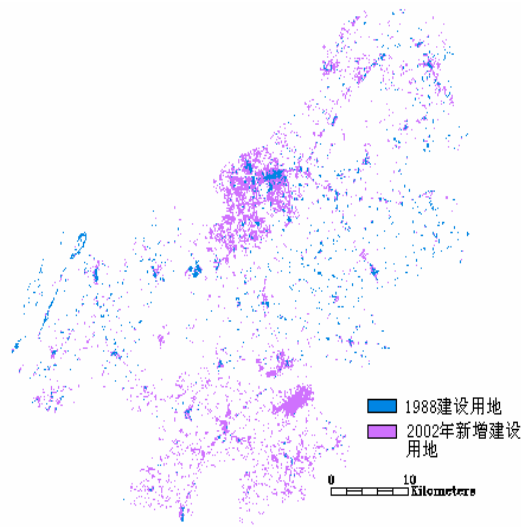


图 6 江宁区建设用地变化图

## 4.4 城市扩张与热岛相关性分析

结合扩张图和两期的热岛图以及表 1、表 2 进行分析, 从整体上江宁区热岛效应比较明显, 城市温度升高。这是因为城市城区扩张, 城市小气候逐渐形成, 空气流动性减弱, 加上城市排放热量增加, 同时城市扩张侵占了部分农田和林地, 减弱了植被对气候的调节能力, 使得城区上方的温度整体升高。研究区内的高温大量增加, 主要分布在城市扩张明显区域。在 1988 年温度与长江水体比值在 1.02 以上的面积较少, 且最高比值仅为 1.035, 主要分布在旧城区。然而 2002 年温度与长江水体比值在 1.02 以上的成片分布, 最高达 1.045, 主要分布在城区、机场以及道路两侧。从而可以看出, 城市热场变化与城市扩张的分布基本一致。在 1988 年耕地温度高于 2002 年, 这可能是因为 1988 年影像获取时间正值农作物收割播种季节, 存在大量的裸土以及植被覆盖较差的耕地。

## 5. 结论

江宁区城市扩张明显。结合扩张图和两期的热岛图进行分析, 南京市江宁区正处于工业化与城市化快速发展的时期, 从 1988~2002 年以来建筑用地有大范围的增加, 旧城区向外扩张, 随着机场和道路的修建, 大量的居民地及其他公共设施在机场和道路周围建立, 成条带型扩张。

不同的地物覆盖对地面温度的影响不一样,建筑和落地具有较高的温度,植被和耕地较低,水体最低。

江宁区高温增加区域和极值分布区域与城市扩张的分布基本上一致。利用 TM/ETM+热波段检测和分析城市宏观热场特征,以研究城市扩张是一个快速有效的手段,直接应用原始数据做简单的预处理,可以得到有实用价值的分析结果。

因此,在城市快速扩张的同时,需要提高城市的绿化率,加大对温度的调节能力,这样可以减轻热岛效应,改善城市环境。

### 参考文献

- [1]. 孙金花. 南京市江宁区城市化现状与发展建议 [J]. 科技经济市场,2006-04-080.
- [2]. 惠文华. 基于支持向量基的遥感图像分类方法 [J]. 地球科学与环境学报, 2006,28(2).
- [3]. 黄容峰. 利用Landsat ETM+影像研究土地利用/覆盖与城市热环境的关系[J]. 遥感信息2005,5.
- [4]. Weng,Q., Lu,D.,. A sub-pixel analysis of urbanization effect on land surface temperature and its interplay with impervious surface and vegetation coverage in Indianapolis,Int.J.Appl. Earth Observ. Geoinform.( 2007),doi:10.1016/j.jag.2007.05.002.
- [5]. 刘吉平,朱海燕. 武汉市城区热场变化的遥感检测与影响因素分析[J].国土资源遥感,2006,68 (2).
- [6]. 李延明,张济和,古润泽. 北京城市绿化与热岛效应的关系研究[J].中国园林, 2004, (1): 72.

## A Study on Relationship between Urban Expansion and Urban Heat Island Based on Remote Sensing Data

Chen Binbin, Chen Liang

College of Hydrology & Water Resources, Hohai University, Nanjing, P. R. (210098)

### Abstract

Urbanization make the increasing number and scale of city. Urban heat island effect is the internal temperature was significantly higher than the surrounding suburbs, which is the typical characteristic of city climate. Jiangning District of Nanjing is in a rapid industrialization and urbanization development period, the fast urban expansion in recent years, urban heat island effect significantly. In this paper, the Jiangning District for urban expansion and urban heat island extraction and analysis of their relationship by two temporal Landsat TM and ETM + data. The results show that the different features coverage of the impact of the same surface temperature, vegetation and the temperature was negatively correlated, urban heat island effect of making further intensified.

**Keywords:** Urban Expansion, Urban Heat Island, Brightness Temperature

**作者简介:** 陈彬彬, 男, 1981 年生, 硕士研究生, 主要研究方向是地理信息系统、水下地形测量。