

南京市夏季热岛特征及其与土地利用覆盖关系研究

裴欢¹, 房世峰²

(1. 南京大学国际地球系统科学研究所, 江苏 南京 210093; 2. 新疆大学资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘要: 利用南京市 7 月的 Landsat TM 热红外波段数据, 根据单窗算法反演得到南京市地表温度, 讨论了南京市热岛特征, 并分析了产生这种现象的原因。通过遥感和地理信息系统相结合, 运用 Landsat TM 数据, 提取出南京市下垫面类型, 分析了不同地表覆盖类型的热辐射特征并定量地分析了土地利用及植被对地表温度的影响。结果显示, 南京市夏季主要存在 3 个热岛中心, 分别是建成区、大厂区和八卦洲。南京城区地表温度明显比郊区地表温度高, 通过地表温度对比分析发现, 城区平均地表温度比城市边缘和远郊区地表温度分别高出 3.5 和 5.7, 城市热岛效应明显。不同地表覆盖类型的地表温度也有显著差异, 从高到低依次为: 城镇建设用地、耕地、草地、林地、水体。城镇建设用地与水体的表面温度最大相差 14。城市地表温度与植被覆盖度具有明显的负相关关系, 城市地表植被覆盖度低是城市热岛出现的主要原因, 今后应当更加注重城市绿地建设, 提高植被覆盖率。

关键词: 土地利用 覆被; 地表温度反演; Landsat TM; 单窗算法

中图分类号: P463. 21⁺ 1

文献标识码: A

引言

进入 20 世纪 90 年代以来, 土地利用 覆被变化 (LUCC) 受到了国际组织和世界各国的普遍关注, 被“地圈和生物圈计划 (IGBP) 和“全球环境变化人文计划 (HDP) 共同设为核心项目, 已成为当前全球环境变化研究领域的核心内容之一^[1-2]。不同的土地利用类型会对地表温度产生深刻的影响, 而城市下垫面温度 (即地面温度) 是城市热岛一个重要的影响因素。研究城市地面温度和土地利用 / 覆被的关系, 不仅能从热岛产生的根源上分析热岛特征及其效应, 更加深入地理解土地利用 覆被变化下城市热环境的空间特征和动态变化, 而且对大气污染、防暑降温、市政建设及土地合理规划和利用等都具有重要意义^[3]。

目前国外学者对土地类型和地表温度的关系做了大量研究^[4-7], 国内对地面温度和土地利用 覆被类型关系的定量研究主要集中在植被与地面温度的

关系上, 较多学者应用多种植被指数探讨两者关系, 但是一个特定区域内各种用地类型对该区域地表温度的影响是一个有机统一的整体, 只有研究各种用地类型和地表温度相互影响的作用机理, 才能进一步揭示进行两者关系研究的意义。钱乐祥等^[8]分析了珠江三角洲土地覆盖变化对地表温度的影响, 苏伟钟等^[9]分析了南京市热场分布特征及其与土地利用 覆被关系, 前者侧重于城市化发展对地表温度的影响, 后者侧重于城市的热场空间分布特征及分布差异。本次研究在前人研究的基础上, 利用 Landsat TM 影像, 基于遥感技术提取相关的下垫面类型、地表温度和植被覆盖等信息, 结合地理信息系统技术分析了南京市地面温度分布模式及城市热岛效应, 分析了不同土地覆盖类型的辐射特征, 探讨了城市热岛效应与城市不同土地覆盖类型及植被覆盖之间的关系, 以期对合理的利用和配置土地资源提供依据。

收稿日期: 2007 - 11 - 02; 改回日期: 2007 - 12 - 15

基金项目: 国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (2001CB309404) 资助

作者简介: 裴欢 (1982 -), 女, 博士研究生, 主要从事遥感及地理信息系统应用研究。E - mail: 1982197950@163.com

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况及数据

南京地处中国东南部的长江下游,是长江三角洲地区的特大城市,属亚热带湿润季风气候区,年均气温为 15.3℃,且人口密集,高楼林立,高能耗企业众多,是全国的 4 大火炉之一^[10-11]。从 1986~2000 年,城市规模不断扩大,建成区从原来 65 km 扩展到 2000 年的 194 km,年均增长率为 13.3%。交通用地、工业仓储用地分别占总用地比例的 10.7%和 16.5%,并且每年都呈现增长态势。城市化过程的快速发展使城市周边的土地利用覆被类型发生巨大的变化,产生了一系列的环境问题,特别是城市热岛效应非常明显。本文所采用的数据有:1999 年 7 月 8 日的 Landsat TM5 数据(TM 数据的所有波段的分辨率均重采样为 28.5 m)、2000 年土地利用现状图、南京市最新行政界限图(2004)以及当日的气象数据。

1.2 地表温度反演方法

Landsat TM 数据是迄今为止环境研究中应用最多的遥感数据之一,以往多数 TM6 数据的应用是直接使用其影像灰度值(DN 值)或者是仅转化为像元亮度温度,或者是仅作了部分校正,即只考虑地表辐射率的影响,而未考虑大气的影^[12-14],并没有计算真正地表温度,从而使直接使用 TM6 的 DN 值或亮度温度来进行区域分析所得到的结论有可能存在比较大的偏差。

覃志豪等根据地表热辐射传导方程,推导出了一个简单易行并且精度较高的演算方法,把大气和地表的影响直接包括在演算公式中。该算法需要用地表辐射率、大气透射率和大气平均温度 3 个参数进行地表温度的演算。验证表明,该方法的地表温度演算较高,当参数估计没有误差时,该方法的地表温度演算精度可以达到 <0.4 ,在参数估计有适度误差时,演算精度仍 <1.1 ^[15]。因此,本文采用覃志豪等提出的单窗算法进行地表温度的反演。

1.3 地表覆盖类型的划分

在分类前,先进行非监督分类,分出大体的类别,给随后的监督分类提供参考。然后对图像进行分段线性拉伸和直方图均衡化处理,使得各波段图像都有很好的目视解译效果。将 TM 2、3、4 波段作

为分类波段,借助非监督分类结果,应用监督分类的最大似然分类法结合人工目视判读将研究区划分为耕地、林地、草地、水体、建筑交通用地 5 大类型。分类后进行了聚类分析,并对分类精度进行了验证。

1.4 土地利用覆盖对地表温度影响分析

运用 GIS 空间分析方法,将研究区地表温度反演结果与土地分类结果叠合起来进行统计分析,得出每一种地物的地表温度直方图,计算每一种地物类型的地表热辐射特征,通过这种方法,可以揭示出土地利用覆盖和地表温度之间的相互作用关系。

2 结果及分析

2.1 南京市热岛特征

南京市地表温度空间分布如图 1 所示。南京市热岛效应明显并呈现多中心非均匀的特点。热岛主要集中在 3 个区域:以鼓楼区为中心,包括下关区、白下区、秦淮区的城市中心区。在这个区域,平均地表温度可达 43℃左右,是高强度热岛区域。这个区域热源的形^{成主要是由于南京核心城区人口密集、高楼林立、下垫面多为水泥和沥青,吸热放热迅速以及空调大量使用、汽车尾气的排放等人为因素显著增加,导致该区温度明显高于周边其它地区;大厂区是南京市另一个高温区域,虽然热岛辐射范围没有鼓楼区、下关区大,但是地表温度也在 40℃以上。大厂区集中了南京的特大重化工和钢铁企业,这些企业释放大量热能,是大厂区小热岛形成的主要因素;八卦洲也形成了一个较大范围的热岛区域,八卦洲被长江包围,空气流通差,再加上地表植被覆盖率低,因而地表温度较高,地表温度最高达 45℃。}

另外在雨花台区南部以及栖霞区也有小面积的零散高温分布区。除了高温区外,南京市还有几个明显的低温分布区,玄武湖、紫金山和长江在南京市形成了 3 个明显的冷岛,这 3 个区域的平均温度 <38 ℃,水面温度更低,其中长江是整个南京市温度最低的区域,而且温度分布均匀,均在 35.5℃左右。南京市北部的老山和东南部的宁镇山脉也是温度较低的区域,它们也在一定程度上缓解了南京城区热场对周边地区的影响。热岛的一个明显特征就是城市温度比郊区高,为了对比南京市市区和郊区的温度差异,分别在南京市中心、城市边缘和郊区选择 3

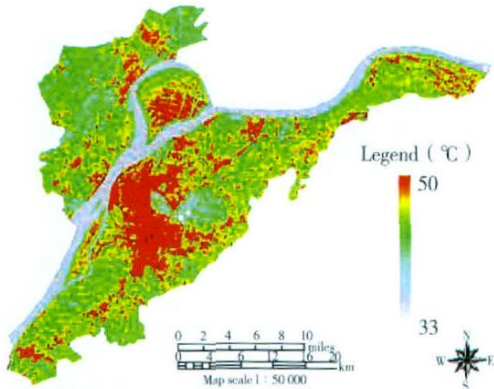


图 1 南京市地表温度空间分布图

Fig 1 Spatial distribution of land surface temperature in Nanjing city

块样地 (样地均为 400 个像元) 进行温度对比。经统计,城市中心的地表温度明显比城市边缘及郊区温度高,城市中心地表温度处于 43 ~ 46 之间,平均温度为 44.5 ;郊区地表温度最低,主要集中在 38.5 ~ 42.5 之间,平均温度是 39.8 ;城市边缘地表温度介于两者之间,分布在 40 ~ 44 之间,平均温度为 41 ,且主要集中在 40 ~ 41 之间。从平均地表温度来看,城区中心比城市边缘高出 3.5 ,比远郊高出 5.7 ,从三者地表温度主要集中的数值来看,城区中心比城市边缘高出 4 ,比远郊高出 5 ,城市热岛效应明显。

2.2 土地利用对地表温度的影响

研究区土地覆盖分类的总精度为 89% (表 1),精度满足土地覆盖监测及应用的要求。

表 1 南京市土地利用 / 覆盖类型的误差矩阵

Tab 1 Error matrix of the land use and land cover in Nanjing

| | 湖泊 | 林地 | 耕地 | 城市 | 草地 | 样点合计 | 分类合计 | 正确分类 | 生产者精度 | 用户精度 |
|--------|-------|----|----|----|----|------|------|------|-------|-------|
| 湖泊 | 30 | 1 | 1 | 0 | 0 | 31 | 32 | 30 | 0.968 | 0.938 |
| 林地 | 0 | 55 | 9 | 0 | 0 | 60 | 64 | 55 | 0.917 | 0.859 |
| 耕地 | 1 | 5 | 86 | 3 | 3 | 103 | 98 | 86 | 0.835 | 0.878 |
| 城镇建设用地 | 0 | 0 | 7 | 31 | 0 | 34 | 38 | 31 | 0.912 | 0.816 |
| 草地 | 0 | 0 | 1 | 0 | 33 | 36 | 34 | 33 | 0.917 | 0.971 |
| 总精度 | =0.89 | | | | | | | | | |

地表热辐射主要和地物的性质有关,不同的地物类型其地表温度差异明显,下垫面性质的不同,对城市热岛效应有重要的影响。将图 1 与土地利用类型图 (图 2) 相比较可以看出,地表温度空间分布总体上与土地利用覆盖类型相一致,即高温主要分布在城市建筑用地附近,而低温区主要位于水体、林地、草地附近。运用 GIS 的统计分析功能,统计了 5

种地表覆盖类型的地表温度直方图 (图 3),可以看出,不同土地利用覆盖类型的地表温度具有很大差异,最低温度与最高温度相差 14 。通过对图 3 中每种土地覆盖类型的各温度值的像元数与温度的加权求和和求标准差,得到研究区土地覆盖类型的地表温度平均值和标准差 (表 2)。很显然,城市建设交通用地具有最高的地表温度,平均温度为 43.62 ;水体具有最低的地表温度,平均温度为 36.88 ,较大面积的水体对城市下垫面温度确实具有

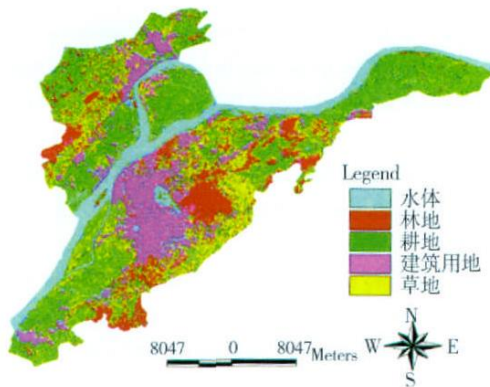


图 2 南京市土地利用 / 覆盖类型分类图

Fig 2 Classification map of the land use and land cover in Nanjing

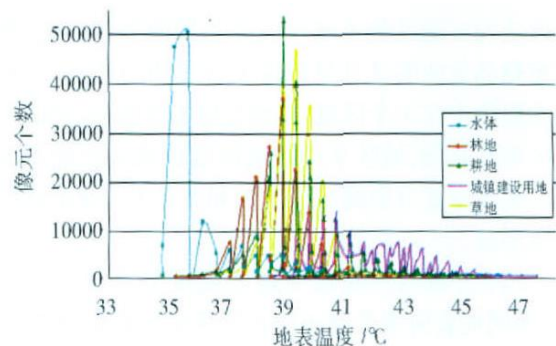


图 3 不同土地类型的地表温度对比

Fig 3 Comparison of land surface temperature for different land cover types

表 2 不同地表覆盖类型的地表温度特征

Tab 2 The characteristic of land surface temperature for different land cover types

| | 平均温度 / | 标准差 | 最高温度 / | 最低温度 / |
|----------|--------|------|--------|--------|
| 水体 | 36.88 | 1.69 | 40.45 | 34.06 |
| 林地 | 38.67 | 2.5 | 43.09 | 35.39 |
| 耕地 | 39.94 | 2.61 | 45.19 | 35.85 |
| 城镇建设交通用地 | 43.62 | 2.41 | 47.95 | 38.76 |
| 草地 | 39.61 | 1.77 | 43.21 | 36.33 |

“边缘效应”,有较好的降温作用,而且由于水面温度较均一,温度变化范围窄,标准差最小;林地的平均温度低于耕地和草地,这说明高大灌木能起到明显的降温作用;耕地和草地的平均温度相差不大,但由于耕地地表类型复杂多样,不同作物热辐射特征不同,地表温度分布范围较广,因而导致耕地地表温度具有最大的标准差。

2.3 植被对地表温度的影响分析

在城市热岛的研究中,NDVI作为衡量植被丰度的量化指标,被广泛的应用到地表温度—植被的关系研究中。通过相关分析,计算了不同地表类型的NDVI与LST的相关系数,水体、林地、耕地、建设用地的NDVI与LST的相关系数分别为:-0.32、-0.62、-0.59、-0.69、-0.76。不同地表覆盖类型的NDVI与LST具有明显的相关性,特别是植被覆盖率高的土地利用类型,相关系数最高可达0.76。以上分析可以看出,土地利用覆盖对地表温度的影响可以用NDVI进行衡量,地表温度与城市植被覆盖度密切相关,增加植被覆盖度可以有效降低地表温度,缓解城市热岛。

3 结论与讨论

(1)利用Landsat ETM和遥感技术研究城市热岛效应较好地反映了城市内部热场的分布特征:南京市热岛效应明显并呈现多中心非均匀的特点,热岛主要集中在3个区域,分别是城市商业中心区,大厂区和八卦洲,城区平均地表温度比城市边缘和远郊区地表温度分别高出3.5和5.7,城市热岛效应明显。

(2)土地利用覆盖对地表温度具有很大的影响,不同地表覆盖类型的地表温度差异显著,平均地表温度由高到低依次为:城镇建设用地、耕地、草地、林地、水体。城镇建设用地与水体的表面温度最大相差14,土地利用覆盖类型的空间格局总体上决定了热场的分布格局。

(3)地表温度与NDVI具有明显的负相关关系,通过增加植被覆盖度可以有效降低地表温度,缓解热岛。

由于资料限制,仅从空间上研究了南京市的热岛特征。且只研究了一个季相的热岛特征,今后应利用不同时相的卫星热红外数据来获取不同年份、不同季节、不同月份乃至昼夜的地面温度数据,以形成一个完整的时间序列和相应时间段的土地利用/覆被变化进行对比分析,可深入揭示土地利用/覆被变化对地表温度变化产生重大影响的机理,这也是今后此领域的研究趋势。

参考文献:

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域—土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 551-557.
- [2] Turner IIB L. The sustainability principle in global agendas: implication for understanding land use and land cover change[J]. The Geographical Journal, 1997, 163(2): 133-140.
- [3] 张心怡, 刘敏, 孟飞. 基于RS和GIS的地面温度和土地利用/覆被关系研究进展[J]. 遥感信息, 2005, 66(5): 66-69.
- [4] Weng Q, Liu H, Lu D. Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis[J]. United States Urban Ecosyst, 2007, 10: 203-209.
- [5] 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(10): 1999-2014.
- [6] Weng Q, Wei YD. Land use/cover change in China under the reform and globalization[J]. Asian Geographer, 2003, 22(1-2): 1-3.
- [7] Weng Q, Liu H, Schubring J. Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies[J]. Remote Sens Environ, 2004, 89(4): 467-483.
- [8] 钱乐祥, 丁圣彦. 珠江三角洲土地覆盖变化对地表温度的影响[J]. 地理学报, 2005, 60(5): 761-770.
- [9] 苏伟钟, 杨英宝, 杨桂山. 南京市热场分布特征及其与土地利用/覆被关系的研究[J]. 地理科学, 2005, 25(6): 697-703.
- [10] 李俊杰, 何隆华, 陈杰. 南京城市热场的卫星遥感分析[J]. 长

- 江流域资源与环境, 2005, 14 (6): 760 - 763.
- [11] 郭文娟, 张桂华. 利用 ASTER 遥感资料提取南京城郊土地利用信息的研究 [J]. 农业工程学报, 2005, 21 (9): 62 - 66.
- [12] Sobrino J A, Jimenez - Munoz J C, Leonardo Paolini. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5 [J]. Remote Sensing of environment, 2004, 90: 434 - 440.
- [13] 陈云浩, 王洁, 李晓兵. 夏季城市热场的卫星遥感分析 [J]. 国土资源遥感, 2002, 54 (4): 55 - 59.
- [14] 甘甫平, 陈伟涛, 张绪教. 热红外遥感反演陆地表面温度研究进展 [J]. 国土资源遥感, 2006, 67 (1): 6 - 11.
- [15] 朱怀松, 刘晓猛, 裴欢. 热红外遥感反演地表温度研究现状 [J]. 干旱气象, 2007, 25 (2): 17 - 21.

Characteristics of Heat Island in Nanjing and Relationship Between Heat Island and Land Use/cover

PEI Huan¹, FANG Shifeng²

- (1. International Institute for Earth System Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China;
2. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830054, China)

Abstract: Landsat TM thermal infrared band data of Nanjing city in July was used in this study and according to single - window algorithm, the land surface temperature of Nanjing city was obtained. Then the urban heat island characteristic of Nanjing city was discussed and the reason of it was analyzed. Through the combination of the remote sensing and geography information system techniques, the land use/cover types of Nanjing were abstracted. Then the thermal radiation character of different land use/cover was analyzed and the relationship between land surface temperature and land use/cover types, especially plant cover was quantitatively analyzed. The results showed that there were three urban heat island centers in summer of Nanjing, and the land surface temperature in city proper was higher than that in suburban district. Through comparison, the average land surface temperature in city proper was 3.5 and 5.7 higher than that in the edge of city and suburban district. Urban heat island effect was very distinct. The land surface temperature of different land cover types had great discrepancies, which were urban built land, farm land, grass land, forest land and water from high to low in order. The land surface temperature can reach 14 between urban built land and water. There was evident negative relationship between land surface temperature and vegetation cover rate, the lower land cover rate was the main reason to urban heat island.

Key words: land use/cover; land surface temperature; Landsat TM; single - window algorithm