

# 基于 HJ-1B/IRS 的重庆市热岛效应监测应用

罗小波<sup>1,2</sup>, 陈丹<sup>1</sup>, 刘明皓<sup>1</sup>, 刘强<sup>3</sup>

(1. 重庆邮电大学空间信息研究中心, 重庆 400065; 2. 西南大学资源环境学院, 重庆 400715;  
3. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

**摘要:** 本文利用 MODIS 数据反演大气透射率, 利用 HJ-1B/CCD 进行分类, 并反演地表比辐射率。在此基础上, 借鉴单窗算法, 利用 HJ-1B/IRS 数据反演得到地表温度, 并利用 MODIS 温度产品对反演结果进行了初步验证。最后利用热场变异指数进一步分析重庆的热岛空间分布特征, 并对 NDVI 与 NDBI 对热岛效应的影响进行了分析。其结论如下: (1) 重庆城市热岛大致基于中梁山、铜锣山走势, 呈东北、西南走向分布; (2) 主城区“热岛效应”的中心并不在建筑物密集的市中心区域——解放碑, 而是集中在大渡口的工业园区、江北机场这些能耗大、人口密集区域, 热岛强度  $7.7^{\circ}\text{C}$ , 热岛效应较为明显; (3) 接近长江、嘉陵江水域的密集建筑用地区域, 典型区域如渝中区, 其热岛效应并不明显; (4) NDVI 与地表温度呈负相关关系, NDBI 与地表温度呈现较为明显的正相关关系, NDVI 与 NDBI 对地表温度都有重要影响, 而 NDBI, 即建筑用地比例与建筑密度的影响更大。

**关键词:** HJ-1B; 单窗算法; 地表温度; 城市热岛效应

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2011.00833

## 1 引言

随着城市化进程的加速, 城市热岛现象日益突出, 导致城市生态环境质量下降。目前, 国内外学者利用热红外数据对热岛效应进行了大量的研究。Price 首次用数学描述了卫星遥感影像中的植被指数、土壤湿度和辐射温度之间的三角关系<sup>[1]</sup>。Carlson 等利用卫星遥感数据研究了哥斯达尼加 SanJose 地区的城市化及其对热带雨林的影响<sup>[2]</sup>。Streuter 研究了美国休斯顿市的城市热岛, 并讨论了城市热岛强度与郊区温度、城市热岛空间分布与城市热岛强度和郊区温度之间的关系<sup>[3]</sup>。Weng 利用 Landsat ETM+ 反演了 LST 和 NDVI, 并藉此研究了美国 Indianapolis 城市热岛, 获得了很好的效果<sup>[4]</sup>。周红妹等利用气象和 TM 卫星对上海市的热力分布特征和变化进行了动态监测和分析<sup>[5]</sup>。陈云浩等在遥感定量反演城市热环境的研究中引入了分形几何, 并构建了 3 种不同的模式来分析上海市上世纪 90 年代城市热环境信息及其变化<sup>[6]</sup>。覃志豪等提出适用于 TM 单个热红外波段演算地

表温度的单窗算法, 以及大气参数、地表比辐射率的估计方法<sup>[7-9]</sup>。闰峰等采用 2003 - 2005 年 MODIS 数据, 运用分裂窗算法定量反演了上海市地表温度, 以间接反映城市热岛的变化规律<sup>[10]</sup>。曾永年等基于分裂窗算法从 MODIS 反演地表温度, 并对城市群热岛时空特征与地表生物物理参数的关系进行了研究<sup>[11]</sup>。樊辉通过 2005 - 2006 年间获取的白天 NOAA/AVHRR 影像热红外波段, 调查了济南市城市热岛强度的年内变化规律与过程<sup>[12]</sup>。陈松林等利用 ASTER 数据反演地表温度, 采用等间距法和均值一标准差法, 将研究区温度场分别划分为 3 级, 从城市热岛数量结构差异、热岛空间分布及细节表达等方面进行了系统对比分析<sup>[13]</sup>。何泽能等利用气象站逐小时的观测数据和地形高程数据等资料, 对重庆市夏季的城市热岛效应进行了分析<sup>[14]</sup>。

从上述研究现状看, 目前热环境监测的数据源主要为 AVHRR、MODIS、TM/ETM+ 等数据。其中, MODIS 的时间分辨率为 1 天, 但是其空间分辨率为 1km 左右, 远满足不了重庆这样地形复杂的地

**收稿日期:** 2011-04-22; **修回日期:** 2011-11-27.

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(40871175); 重庆邮电大学基金项目(A2008-21、A2008-60、A2010-16)。

**作者简介:** 罗小波(1975-), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向为遥感参数反演与静轨卫星几何定位。

E-mail: luoxb@cqupt.edu.cn

区;TM 热红外波段空间分辨率为 120m,能较好地反映热环境细节,但是其时间分辨率为 26 天,而重庆多云多雾,实际应用中很难获取到需要的数据。

环境一号卫星是 2008 年成功发射的国产卫星,热岛监测需要的 HJ-1B 热红外波段数据的空间分辨率为 300m,时间周期 4 天,在空间分辨率、时间分辨率上达到较好的平衡,为城市热岛监测提供了一种较为理想的遥感数据源。本文选取 HJ-1B 卫星数据为主要数据源,借鉴单窗算法基本思路反演地表温度,并进一步分析重庆市城市热岛空间分布特征。

## 2 研究区域与数据源

重庆地形以低山、丘陵为主,有“山城”之称。气候属亚热带季风性湿润气候,年平均气温在 18℃左右,冬暖夏热,无霜期长、雨量充沛、湿润多阴、雨热同季。重庆市区总人口 382 万,是我国三大“火炉”城市之一,也是我国重要的钢材及有色金属、能源化工、汽车及摩托车等生产基地之一。研究区包括重庆市主城九区及其郊区,面积大约 3154km<sup>2</sup>,具体分布如图 1 所示。从图中可以看出,重庆主城区主要位于中梁山与铜锣山之间,长江、嘉陵江环绕其中。

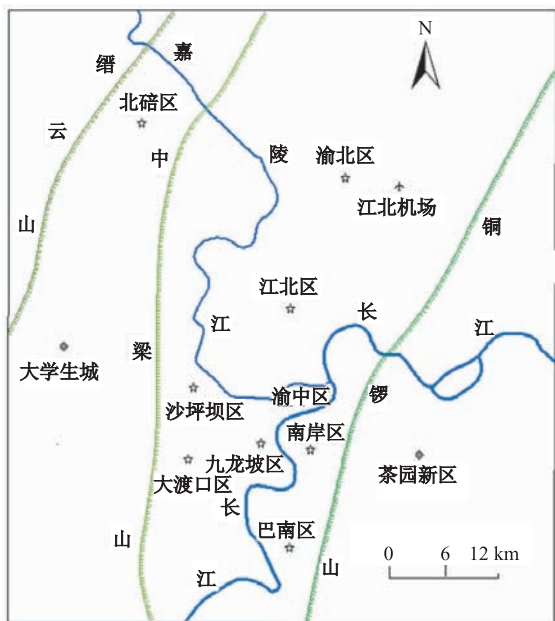


图 1 研究区示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the study area

实验数据为 2010 年 5 月 2 日的 HJ-1B,包括, HJ-1B/CCD2 的可见光-近红外数据,空间分辨率为 30m; HJ-1B/ IRS 的热红外数据,分辨率为 300m;以及 MODIS 1B 数据,其分辨率为 1km。另外,研究中还利用了土地利用现状图、气象数据等辅助数据。

## 3 热岛效应遥感监测方法

目前,地表温度反演主要包括单窗算法、分裂窗算法两大类,其中,单窗算法适用于只有一个红外波段的情况,例如覃志豪推导建立的适合于 Land Sat TM6 的地表温度反演算法<sup>[7]</sup>。环境卫星 HJ-1B 的热红外波段范围和 TM 的热红外波段范围非常相近,并且二者都只有一个热红外通道,因此,考虑借鉴 TM 的地表温度反演算法来对 HJ-1B-IRS 进行反演。

### 3.1 单窗算法及参数修订

在充分考虑了大气和地表的多重影响之后,卫星高度 HJ-1B/IRS 传感器所接收到的热辐射强度可以表述为:

$$L_{\lambda}(T_6) = \tau[\epsilon B_{\lambda}(T_s) + (1 - \epsilon)L^{\downarrow}] + L^{\uparrow} \quad (1)$$

式(1)中, $\epsilon$  为地表比辐射率, $\tau$  为大气透射率, $T_s$  为地表温度, $T$  为 HJ-1B/IRS 传感器观测到的亮度温度, $B_{\lambda}(T_s)$  为地表热辐射强度, $L^{\downarrow}$  为大气下行辐射, $L^{\uparrow}$  为大气上行辐射。

基于热辐射传输方程,参考覃志豪提出的单窗算法公式<sup>[7]</sup>,可直接得到 HJ-1B/IRS 的地表温度公式:

$$\begin{cases} T_s = [a(1 - C - D) + (b(1 - C - D) + C + D) \\ \quad T - DT_a]/C \\ C = \epsilon\tau \\ D = (1 - \tau)(1 + (1 - \epsilon)\tau) \end{cases} \quad (2)$$

式中: $T_a$  为大气平均作用温度,单位为 K。 $a$  和  $b$  为常量,根据温度变量  $L = B(T)/(\partial B(T)/\partial T)$  与温度  $T$  之间的线性关系回归拟合得到<sup>[7]</sup>。由 HJ-1B-IRS 的通道响应函数,可计算 IRS 的有效波长为 11.5756 $\mu$ m,拟合得到在 0~70℃ 范围  $L$  与  $T$  之间的线性关系:  $L = -68.973 + 0.4682T$ ,  $R^2 = 0.9994$ 。因此,对于 HJ-1B-IRS 而言,(2)式中参数  $a = -68.973$ ,  $b = 0.4682$ 。

根据表达式(2),只要  $\epsilon$ 、 $\tau$ 、 $T_a$ 、 $T$  已知,就可计算对应的地表温度。而亮度温度  $T$  可由下式计算:

$$T = \frac{C_2/\lambda}{\ln(1 + C_1\lambda^{-5}/L_\lambda(T))} \quad (3)$$

式中,  $C_1$  与  $C_2$  是普朗克辐射常量,  $C_1 = 1.19104 \times 10^8$ ,  $C_2 = 14387.7 \mu\text{m} \cdot \text{K}$ ,  $\lambda$  为有效波长,  $L_\lambda$  为有效波长的热辐射强度。

### 3.2 地表比辐射率计算

从卫星像元的尺度来看,可以把地球表面大体视作由三种类型构成:自然表面,城镇和水体<sup>[8]</sup>。水体像元往往为单一的水体组成,因此,主要考虑自然表面与城镇的比辐射率。自然表面可简化为不同比例的植被叶冠和裸土组成;城镇像元主要由各种建筑物表面和分布其中的绿化植被所组成,参考文献<sup>[8]</sup>,将自然表面与城镇的比辐射率  $\epsilon$  统一为以下表达式:

$$\epsilon = P_V R_V \epsilon_V + (1 - P_V) R_X \epsilon_X + d\epsilon \quad (4)$$

式中,  $P_V$  表示植被覆盖度,  $R_V$  为植被的温度比率,  $\epsilon_V$  为植被的比辐射率,  $R_X$  为裸土或者建筑表面的温度比率,  $\epsilon_X$  为裸土或者建筑表面的比辐射率,  $d\epsilon$  为植被与裸土或者建筑表面之间的热辐射相互作用而建立的发射率修正量。其中,植被覆盖度  $P_V$  用如下表达式估计:

$$P_V = ((NDVI - NDVI_S)/(NDVI_V - NDVI_S))^2 \quad (5)$$

式中,  $NDVI$  为归一化植被指数,  $NDVI_V$ 、 $NDVI_S$  分别为植被、裸土的  $NDVI$  值,一般取  $NDVI_V = 0.70$ ,  $NDVI_S = 0.05$  来近似估计。

温度比率表示混合像元温度与像元组成成分温度比值的四次方,植被、裸土、建筑表面温度比率分别估计为:  $R_V = 0.9332 + 0.0585P_V$ ,  $R_S = 0.9902 + 0.1068P_V$ ,  $R_m = 0.9886 + 0.1287P_V$ <sup>[8,10]</sup>。同样,根据  $P_V$  可估计热辐射相互作用修正量  $d\epsilon$ ,将其经验公式统一为:

$$d\epsilon = 0.0038 * \min \{P_V, 1 - P_V\} \quad (6)$$

对于典型地物的辐射比率,可分别取植被比辐射率  $\epsilon_V = 0.986$ ,土壤平均比辐射率  $\epsilon_s = 0.97215$ ,建筑物在  $0.960 - 0.980$  之间,可取  $\epsilon_m = 0.970$ 。对于水面,水体在热波段范围内的比辐射率很高,接近于黑体,一般  $\epsilon_w = 0.995$  来估计<sup>[8]</sup>。

### 3.3 大气参数的估计

影响大气透射率的因素较多,其中,主要取决

于大气水分含量的动态变化,使得地表的热辐射在大气中的传导产生衰减。由于 TM6 与 HJ-1B/IRS 的热红外波段非常近似,参考文献<sup>[9]</sup>对大气透射率  $\tau$  的估计:

$$\begin{cases} \tau = 0.974290 - 0.08007w, 0.4 \leq w < 1.6 \\ \tau = 1.031412 - 0.11536w, 1.6 \leq w \leq 4.0 \end{cases} \quad (7)$$

由于 MODIS 的第 2 和 19 波段对大气水汽含量较敏感,且 Terra/MODIS 的过境时间和 HJ-1B 卫星接近,根据文献<sup>[15]</sup>,用同时相的 MODIS 数据来计算与反演地区时空同步的大气水汽含量,其公式如下:

$$w = \left[ \frac{\alpha - \ln(\rho_{19}/\rho_2)}{\beta} \right]^2 \quad (8)$$

其中,  $\alpha$ 、 $\beta$  是常量,分别取  $\alpha = 0.02$ ,  $\beta = 0.6531$ ,  $\rho_{19}$ 、 $\rho_2$  分别为 MODIS 数据第 19 和 2 波段的地面反射率。由于重庆市处于中纬度地区,其大气平均作用温度估计<sup>[9]</sup>为:

$$\begin{cases} T_a = 16.011 + 0.926T_0, \text{when summer} \\ T_a = 19.270 + 0.911T_0, \text{when spring} \end{cases} \quad (9)$$

$T_0$  为近地面(大约 2m)平均气温,可由当地气象部门提供。

## 4 反演实验结果与分析

实验中采用的平台主要为 ENVI,以及 VC++6.0。数据的预处理,包括几何校正、地形校正,以及热场变异指数、地表温度统计与分析等过程在 ENVI 中完成。大气透射率、地表比辐射率、单窗算法等主要在 VC++6.0 中实现,其结果保存为 ENVI 支持的 dat 格式。重庆地形复杂,需要对 HJ-1B/CDD、HJ-1B/IRS 进行地形校正,消除地形影响,但由于目前对热红外辐射进行地形校正还是一个难点,所以,本文仅仅对 HJ-1B/CDD 进行了地形校正,以提高地表比辐射率的反演精度。

### 4.1 地表温度反演与初步验证

实验中的 HJ-1B 数据由中国资源卫星应用中心的网站下载获得,数据获取时间是北京时间 2010 年 5 月 2 日 11 点 41 分,MODIS 1B 数据的获取时间是同一天的 12 点 15 分。研究区当天气晴朗,云量少,适于地表温度反演实验。

按照前面的单窗算法思路,对 HJ-1B 的 CCD2

影像进行分类,分为自然表面、城镇、水体,并基于每一个像元的 NDVI,计算植被覆盖度,从而反演得到像元的比辐射率,其分辨率为 30m。然后利用 MODIS 1B 的地面反射率第 2 波段、第 19 波段计算大气透射率,其分辨率为 1km。由于 HJ-1B 热红外数据的空间分辨率为 300m,因此,将反演得到的地表比辐射率、大气透射率都重采样到 300m,与 HJ-1B 热红外数据匹配。近地表气温由沙坪坝气象站提供,11 点 40 分的气温为 28.5℃,由于只有这点的可用,并且研究区域不大,因此整个研究区域的气温近似为 28.5℃。最后,反演得到研究区 177×198 像元大小的地表温度分布图,如图 2 所示。

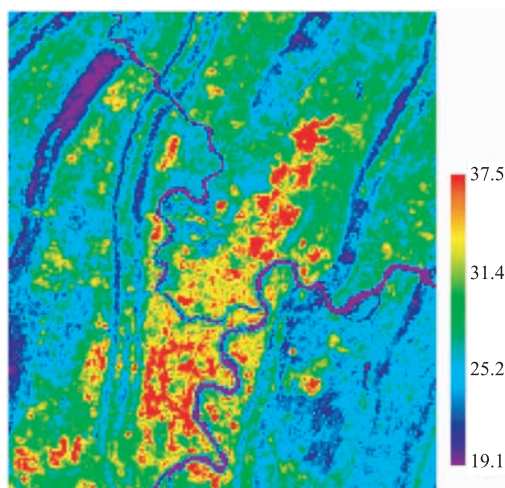


图 2 基于 HJ-1B 反演的研究区地表温度分布(℃)

Fig. 2 Land surface temperature of the study area based on HJ-1B (℃)

利用 MODIS 地表温度产品与上述反演结果进行比较,选择的 MODIS 地表温度数据成像时间为 2010 年 5 月 2 日 12 点 15 分。为了便于比较,将研究区域的 MODIS 地表温度重采样到 300m,结果如图 3 所示。

根据 HJ-1B 反演的温度与 MODIS 温度产品的差异,对温度反演进行初步验证。对于典型城区, HJ-1B 反演的地表温度均值、标准差分别为 32.4℃、1.3℃, MODIS 温度产品均值、标准差分别为 33.6℃、0.7℃;对于自然表面,主要由植被与土壤构成, HJ-1B 反演的地表温度均值、标准差分别为 27.1℃、1.2℃, MODIS 温度产品均值、标准差分别为 29.9℃、1.1℃。从上述统计数据可以看出,对于城区与自然表面, MODIS 温度产品比 HJ-1B 反

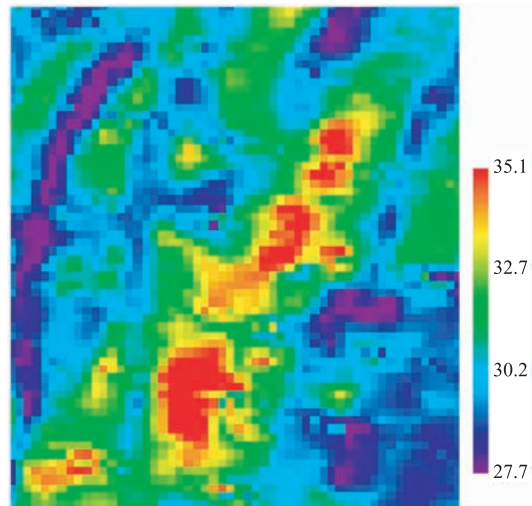


图 3 研究区 MODIS 温度产品

Fig. 3 Land surface temperature of the study area based on MODIS (℃)

演的地表温度均值分别高 1.2℃与 2.8℃,其主要原因可能在于 HJ 星与 MODIS 不是同时间成像,在此时间段内地面温度可能有升高。总的来说,对于城区与自然表面, HJ-1B 反演结果与 MODIS 温度产品基本一致。但是,对于长江、嘉陵江,以及部分浓密植被区域 MODIS 温度产品明显偏高,在 27.7~30℃变化,除了成像时间不一致引起偏差外,还可能是 MODIS 空间分辨率较低,水域像元为混合像元所致。

由图 2、图 3 可以看出, MODIS 地表温度空间分布大致与 HJ-1B 反演结果一致,但是 MODIS 的空间分辨率相对较低,对温度的变化反应不灵敏,特别是长江、嘉陵江水域的低温区域没有反应出来。

#### 4.2 重庆城市热岛效应分布特征

参考文献[16]中关于热岛强度的定义,建成区中所有像元与研究区陆域平均温度的最大差值,即  $I = \max(T_{is} - T_a)$ , 研究区最高温度 37.5℃, 陆域平均温度 29.8℃, 因此研究区的热岛强度为 7.7℃, 热岛效应较为明显。

同时,利用热场变异指数<sup>[17]</sup>对重庆的热岛效应空间分布进行定量分析。热场变异指数定义为  $HI = (T - T_{mean}) / T_{mean}$ , 其中,  $T$ 、 $T_{mean}$  分别表示地表温度与地表温度均值。然后,对热场变异指数进行分级,结果如图 4 所示。

对热场变异指数分级,可以反映热岛效应的空



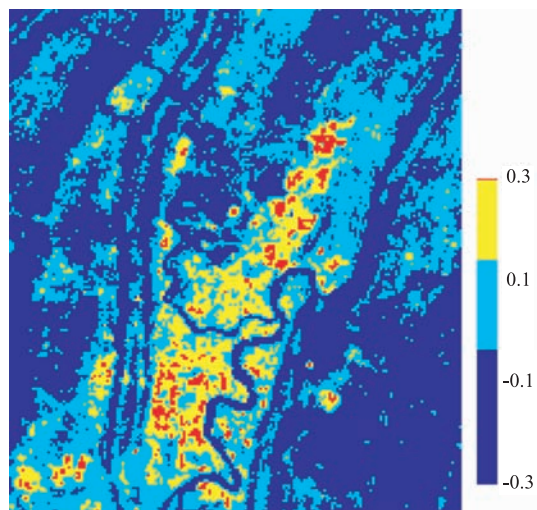


图4 研究区热场变异指数

Fig. 4 Thermal field variation index of the study area

间分布,热场变异指数的分级指标根据实际情况确定。本文将热场变异指数分为4级,分别为: $HI \leq 0$ ,表示无热岛效应; $0 < HI \leq 0.1$ ,表示弱热岛效应; $0.1 < HI \leq 0.2$ ,表示次强热岛效应; $0.2 < HI$ ,表示强热岛效应。从图4可以发现,重庆热岛效应明显区域主要集中在大渡口重工业区,以及江北机场、火车站一带。

从图2-图4,可以发现,重庆热岛效应呈现以下规律:(1)重庆的城市热岛大致基于中梁山、铜锣山走势,呈东北、西南走向分布;(2)主城区“热岛效应”的中心并不在建筑物密集的市中心区域——解放碑,而是集中在大渡口的工业园区、江北机场这些能耗大、人口密集区域,热岛强度 $7.7^{\circ}\text{C}$ ,热岛效应较为明显;(3)接近长江、嘉陵江水域的密集建筑用地区域,典型区域如渝中区,其热岛效应并不明显。

从图4还可以发现,大渡口重工业区、江北机场等区域热岛效应明显,并且分布集中、有扩大的趋势。因此,对这些区域需要重点监控,并采取措施防止热岛效应进一步加剧。

4.3 重庆热岛效应成因分析

引起城市热岛效应的成因是多方面的,本文主要分析反应植被覆盖度的NDVI与反应建筑用地信息的NDBI与城市热岛的关系。NDBI表示归一化建筑指数,其表达式为 $NDBI = (MIR - NIR) / (MIR + NIR)$ ,MIR为中红外波段,NIR为近红外波段,NDBI可以较为准确地反映建筑用地信息,数

值越大表明建筑用地比例越高,建筑密度越高。利用HJ-1B/CCD数据提取NDVI与NDBI专题信息,然后生成NDVI、NDBI与地表温度的散点图,并进一步拟合NDVI、NDBI与地表温度的关系,结果分别如图5、图6所示。

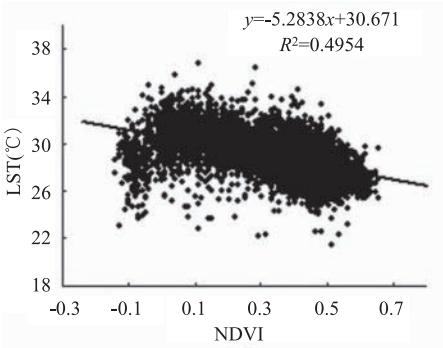


图5 地表温度与NDVI的关系

Fig. 5 Relationship between surface temperature and NDVI

从图5可以看出,NDVI与地表温度呈负相关关系,NDVI每增加0.1,温度将降低 $0.53^{\circ}\text{C}$ ,其 $R^2$ 为0.50。NDVI与地表温度的负相关关系说明,植被能有效地降低城市热岛强度,因此增加重庆市城市绿化面积是一种缓解城市热岛效应的有效手段。

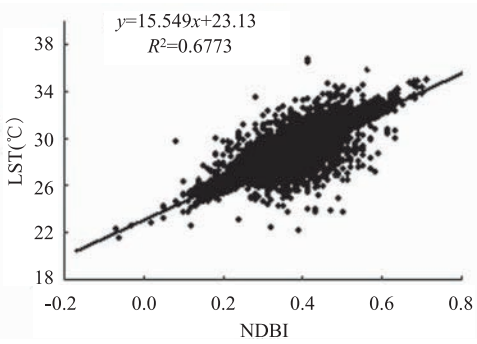


图6 地表温度与NDBI的关系

Fig. 6 Relationship between surface temperature and NDBI

图6表示地表温度与NDBI的关系,可以看出,NDBI与地表温度呈现较为明显的正相关关系,NDBI每增加0.01,温度将增加 $0.16^{\circ}\text{C}$ ,其 $R^2$ 达到了0.68。重庆市归一化建筑指数NDBI与地表温度的正相关关系表明,城市建筑区是引起重庆市城市热岛的主要原因,在后续的城市规划中需要考虑采取一些缓解建筑物密集区域的措施。NDVI与NDBI对地表温度都有重要影响,而NDBI,即建筑

用地比例与建筑密度的影响更大,是产生热岛效应的主要因素。

## 5 结论

本文以 MODIS 数据反演大气透射率,以 HJ-1B/CCD 分类结果反演地表比辐射率的基础上,借鉴单窗算法,利用 HJ-1B/IRS 反演地表温度,并利用热场变异指数进一步分析重庆热岛空间分布特征,就 NDVI 与 NDBI 对热岛效应的影响进行了分析。其结果如下:

(1)重庆城市热岛大致沿着中梁山与铜锣山走势,呈东北、西南方向分布;

(2)主城区“热岛效应”的中心并不在建筑物密集的市中心区域——解放碑,而是集中在大渡口的工业园区、江北机场这些能耗大、人口密集区域,热岛强度  $7.7^{\circ}\text{C}$ ,热岛效应较为明显;

(3)接近长江、嘉陵江水域的密集建筑用地区域,如渝中区等典型区域,由于水域对热岛具有缓解作用,其热岛效应并不明显;

(4)NDVI 与地表温度呈负相关关系,NDBI 与地表温度呈现较为明显的正相关关系,NDVI 与 NDBI 对地表温度都有重要影响,而 NDBI,即建筑用地比例与建筑密度的影响更大。

由于缺少地表温度实测数据,本文仅仅利用 MODIS 温度产品对反演结果进行了初步验证,在后续工作中需要进一步开展地表温度真实性检验研究。由于重庆地区地形复杂,地表温度反演中应该考虑地形的影响,但是目前还没见相关技术报道,也是后续工作中需要研究的一个问题。

### 参考文献:

- [1] Price J C. Land Surface Temperature Measurements from the Split Window Channels of the NOAA/AVHRR[J]. *Journal of Geographical Research*, 1984, 89: 7231 - 7237.
- [2] Carlson T N and Arthur S T. The Impact of Land Use / Land Cover Changes Due to Urbanization on Surface Microclimate and Hydrology: A Satellite Perspective [J]. *Global and Planetary Changes*, 2000, 25: 49 - 56.
- [3] Streuker D R. A Remote Sensing Study of the Urban Heat Island of Huston, Texas [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2002, 23: 2595 - 2608.
- [4] Weng Q H, Lu D S. Estimation of Land Surface Temperature-Vegetation Abundance Relationship for Urban Heat Island Studies[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 89 (3): 467 - 483.
- [5] 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: 189 - 196.
- [6] 陈云浩,史培军,李晓兵,等. 城市空间热环境的研究-热场结构及其演变的分形测量[J]. *测绘学报*, 2002(3): 322 - 326.
- [7] 覃志豪, Zhang M H, Arnon Karniel, 等. 用陆地卫星 TM6 数据演算地表温度的单窗算法[J]. *地理学报*, 2001, 56(4): 456 - 465.
- [8] 覃志豪,李文娟,徐斌等. 陆地卫星 TM6 波段范围内地表比辐射率的估计[J]. *国土资源遥感*, 2004(3): 28 - 32.
- [9] 覃志豪,李文娟,张明华,等. 单窗算法的大气参数估计方法[J]. *国土资源遥感*, 2003(2): 37 - 43.
- [10] 闰峰,覃志豪,李茂松,等. 基于 MODIS 数据的上海市热岛效应研究[J]. *武汉大学学报. 信息科学版*, 2007, 32(7): 576 - 579.
- [11] 曾永年,张少佳,张鸿辉,等. 城市群热岛时空特征与地表生物物理参数的关系研究[J]. *遥感技术与应用*, 2010, 25(1): 2 - 6.
- [12] 樊辉. 基于 NOAA/VAHRR 热红外数据的城市热岛强度年内变化特征[J]. *遥感技术与应用*, 2008, 23(4): 414 - 418.
- [13] 陈松林,王天星. 等间距法和均值一标准差法界定城市热岛的对比研究[J]. *地球信息科学学报*, 2009, 11(2): 145 - 149.
- [14] 何泽能,高阳华,陈志军,等. 重庆市 2006 年夏季城市热岛分析[J]. *热带气象学报*, 2008, 24(5): 527 - 534.
- [15] 毛克彪,覃志豪,王建国,等. 针对 MODIS 数据的大气水汽含量反演及 31 和 32 波段透过率计算[J]. *国土资源遥感*, 2005, 1(63): 26 - 29.
- [16] 赵小峰,叶红,等. 热岛效应季节动态随城市化进程演变的遥感监测[J]. *生态环境学报*, 2009, 18(5): 1817 - 1821.
- [17] 夏歆,李云梅,王桥,等. 无锡市城市扩张与热岛响应的遥感分析 [J]. *地球信息科学学报*. 2009, 11 (5): 677 - 683.

## Application Research on Monitor of Heat Island Effect in Chongqing Based on HJ-1B/IRS

LUO Xiaobo<sup>1,2</sup>, CHEN Dan<sup>1</sup>, LIU Minghao<sup>1</sup>, LIU Qiang<sup>3</sup>

(1. *Spatial Information Research Center, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China*; 2. *College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China*; 3. *Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China*)

**Abstract:** Urban heat island effect in Chongqing is in rising trend with the gradual expansion of urban construction land. And this trend increases hot weather of Chongqing, known as a ‘stove’, so analyzing and understanding the spatial distribution of Chongqing’ urban heat island has great significance. In this paper, we referenced single-window algorithm to inverse surface temperature using Environmental Satellite image (HJ-1B) as the main data source, made a preliminary validation on retrieval result using MODIS temperature products, and used thermal field variability index to further analyze Chongqing’ spatial distribution feature of urban heat island. First, atmospheric water vapor content and atmospheric transmissivity was inversed from MODIS’ second band and 19th band, and land surface’ emissivity was obtained after classification by HJ-1B/CCD. On this basis, land surface temperature was inversed based on single-window algorithm, further, spatial distribution of Chongqing’s heat islands and their relationship with NDVI and NDBI and the heat island effect were analyzed. The results showed that: (1) Chongqing’s urban heat islands are roughly northeast and southwest distribution along Liangshan and Tongluoshan; (2) The center of Chongqing’s urban heat island is not in the downtown area, i. e. Jiefangbei, of which buildings are dense, but in the Dadukou industrial park and Jiangbei airport, of which energy is consumed largely and population is dense, the heat island intensity is between 7.7°C; (3) The heat island effect is not clear in dense building land area, the typical region such as the Yuzhong District is close to the Yangtze River and Jialing River waters; And (4) NDVI and surface temperature are negatively correlated, NDBI and the surface temperature show a more obvious positive correlation, NDVI and NDBI have a significant impact on surface temperature, and NDBI, i. e. the proportion of building land and building density, has a greater impact.

**Key words:** HJ-1B; single window algorithm; surface temperature; urban heat island effect