

引用格式: Yin Cuijing, Feng Kai, Wang Qi, *et al.* Analysis of Influence Factors of Urban Heat Island Effect based on Remote Sensing[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2021, 36(3): 673-681. [尹翠景, 封凯, 王奇, 等. 遥感城市热岛提取的影响因素分析[J]. 遥感技术与应用, 2021, 36(3): 673-681.]
doi: 10.11873/j.issn.1004-0323.2021.3.0673

遥感城市热岛提取的影响因素分析

尹翠景¹, 封凯¹, 王奇², 刘磊¹

(1. 长安大学地球科学与资源学院, 西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710054;
2. 中国资源卫星应用中心, 北京 100094)

摘要: 随着城市化进程的加快, 热岛效应成为当今社会热点问题, 研究主要集中于热岛强度变化和景观格局影响分析。遥感热岛提取结果受到多方面因素的影响, 因此影像选择尤为关键。以石家庄地区为例, 选取不同季节、相同季节但植被状态不同的 Landsat 影像以及 ASTER 夜间影像, 分析季节、农田生长状态、昼夜等因素对遥感热岛提取结果的影响。研究表明: 农田作物生长茂盛、平均温度高的季节, 遥感热岛提取效果较好且热岛强度较大; 农田作物收获后, 土地裸露, 为保证遥感热岛有效提取应选择夜间数据。实验结果可为热岛研究过程中遥感数据选择和分析提供参考。

关键词: 城市热岛; 遥感; 石家庄; 影响因素

中图分类号: X16; TP75 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2021)03-0673-09

1 引言

热岛效应会造成以城市为中心的局地环流变化, 使得污染物质在城市上空集聚, 对人居环境和社会发展产生很大影响^[1-3]。随着城市化进程的加快, 热岛效应愈加显著, 特别是城市热岛能够引发城市热浪, 从而直接影响着人们的日常生活, 甚至威胁到整个人类的可持续发展, 引起了人们的广泛关注^[4-5]。目前遥感热岛研究主要集中于热岛强度变化和景观格局影响分析, 已取得很多成果。刘宇鹏等^[6]利用多时相 TM/ETM+ 遥感数据来反映城市热岛空间分布范围及强弱变化, 进而预测该区域热岛未来发展趋势。王靓等^[7]基于 Landsat 和 MODIS 数据对 2005~2014 年北京市主要城建区热岛强度时空格局进行分析, 探讨了其季节和昼夜变化规律。张旸等^[8]选用长时间序列 MODIS 月度地温产品, 对城市发展规模与热岛强度变化进行相关性研究。卢慧敏等^[9]通过 4 景 Landsat ETM+/OLI-TIRS 影像研究了景观格局对城市热环境年内变化

的影响, 并根据景观格局指数剖析热环境年内变化与景观格局响应关系。潘明慧等^[10]以 Landsat TM/OLI 系列影像为数据源, 从景观格局特征尺度分析了景观格局类型对热岛效应的影响。李孝永等^[11]使用 Landsat 8 OLI/TIRS 遥感影像提取城市地表覆盖, 结合景观格局指数等多种方法, 分析了城市地表覆盖组分与结构特征对地表温度的影响。

上述研究的首要问题是热岛效应的有效提取, 实验表明影像的成像季节、成像时建成区外围植被长势状态、昼夜等因素均会对遥感热岛提取结果产生影响, 目前尚缺乏对遥感热岛效应提取影响因素的相关研究。以石家庄市为例, 通过系统分析遥感热岛效应研究的影响因素, 深入剖析这些因素产生的原因, 为遥感数据选择提出合理性建议, 结果可为热岛研究过程中遥感数据选择和分析提供参考。

2 研究区概况

石家庄市作为河北省省会(图1), 是中国京津

收稿日期: 2020-05-21; 修订日期: 2021-04-27

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金项目(300102278303、300102270204)。

作者简介: 尹翠景(1995—), 女, 河北沧州人, 硕士, 主要从事遥感应用研究。E-mail: yiyin.jing@foxmail.com

通讯作者: 刘磊(1982—), 男, 黑龙江克东人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事遥感应用研究。E-mail: liul@chd.edu.cn

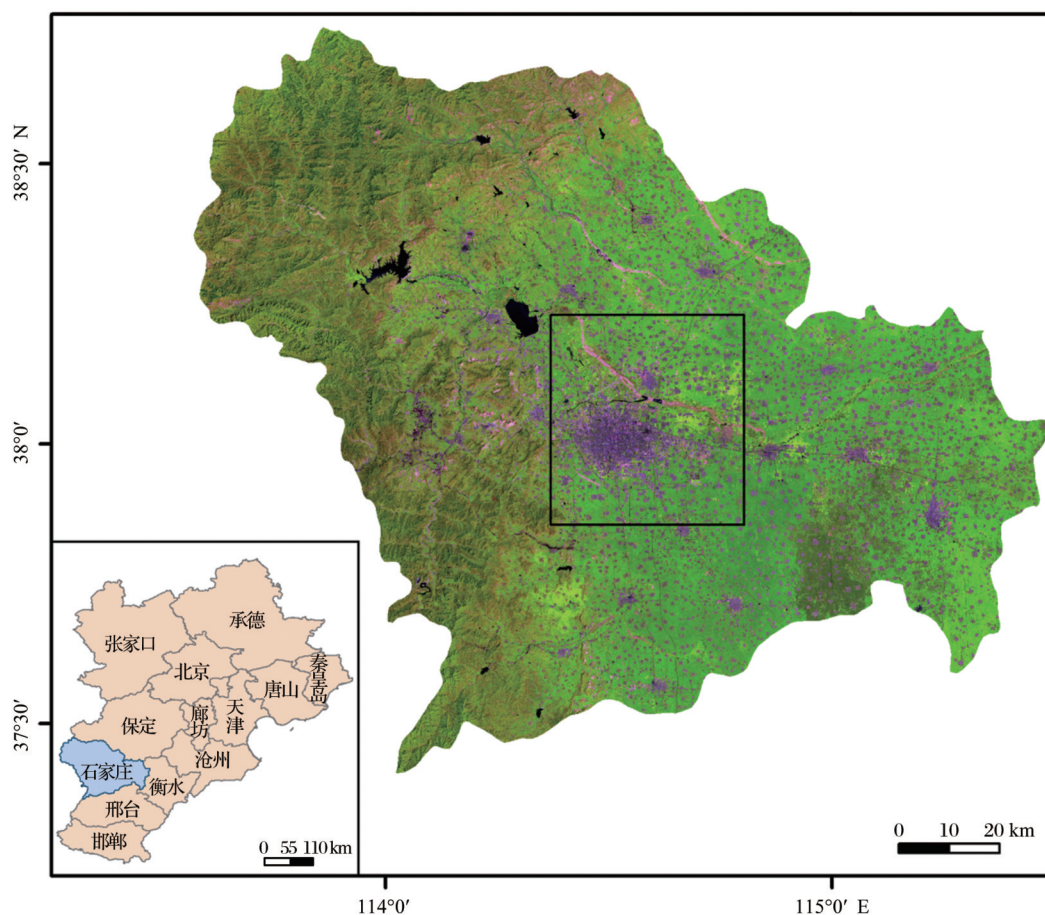


图1 研究区位置图

Fig.1 The location of study area

冀地区重要的中心城市,也是全国重要的商品集散地,被评选为十大夜经济影响力城市之一。该区域位于温带季风气候区,太阳辐射季节性变化显著,四季分明,农作物以玉米和小麦为主。研究表明石家庄市热岛效应较为严重,并且在20世纪90年代之后高温次数和持续时间均有增强的趋势,热岛效应得到越来越广泛的关注^[12]。

3 数据与方法

为了系统研究影像的成像季节、成像时建成区外围植被长势状态、昼夜等因素对遥感热岛提取结果的影响,本研究按照影响类型选择3类遥感数据组合:①同一年份4个季节的影像,②相同季节不同植被状态的影像,③相同季节、相同植被状态的昼夜影像。通过对这3类数据提取结果进行对比分析,研究影响因素并深入剖析这些因素产生的原因。

3.1 数据

研究选用 Landsat 和 ASTER 影像数据作为数据来源,数据均来源于 USGS 官方网站,成像质量较

好,研究区内云量较少,大气能见度高,选取影像数据如表1所示。Landsat 8第8波段为全色波段,分辨率为15 m,第10和第11波段为热红外波段,分辨率为100 m,其余波段分辨率为30 m。Landsat 5第6波段分辨率为120 m,其余波段分辨率为30 m。ASTER数据由可见光、短波红外及热红外3个子系统组成,本研究选取2景 ASTER 夜间热红外数据,分辨率为90 m。

3.2 研究方法

李海峰等^[13-15]学者基于 Landsat 和 ASTER 影像对地表温度与亮度温度进行对比分析,表明地表温度在数值上虽偏高于亮度温度,但是二者具有较好的线性相关性,在空间分布上差异性很小,一致性和可比性较高,广泛地应用于城市热岛研究。因此实验利用辐射传输方程法对 Landsat 数据进行地表温度反演,ASTER 夜间数据由于缺乏可见光波段而无法采用劈窗算法,故使用亮度温度代替地表温度反演城市热岛效应。

3.2.1 Landsat 数据温度反演

在 ENVI5.3.1 软件中,对多光谱数据、Landsat 8

表1 石家庄遥感影像信息

Table 1 Remote sensing image information of Shijiazhuang

传感器	成像时间(UTC)
Landsat 8	2015年7月12日 02:59
	2015年7月12日 03:00
	2009年4月6日 02:47
	2009年4月6日 02:47
Landsat 5	2009年6月25日 02:48
	2009年6月25日 02:48
	2009年8月12日 02:49
	2009年8月12日 02:49
	2009年10月15日 02:50
	2009年10月15日 02:50
	2009年12月18日 02:50
	2009年12月18日 02:51
ASTER	2015年6月26日 14:34
	2015年6月26日 14:41

热红外的第10波段和Landsat 5的第6波段进行辐射定标,将其原始影像灰度值(DN)转换为辐射亮度值,然后使用FLAASH大气校正模型对影像的多光谱数据进行大气校正,以减少大气影响,并采用辐射传输方程法对石家庄市的地表温度进行反演^[16-18],具体步骤如下:

(1) 辐射传输方程:

$$L\lambda = [\varepsilon B(T_s) + (1 - \varepsilon)L \downarrow] \tau + L \uparrow \quad (1)$$

其中: ε 为地表比辐射率, T_s 为地表的真实温度, $B(T_s)$ 为黑体辐射亮度值,由NASA网站提供的大气参数计算得到, τ 为大气在热红外波段的透射率,大气中向上和向下的辐射亮度分别为 $L \uparrow$ 和 $L \downarrow$ 。 $B(T_s)$ 的计算公式为:

$$B(T_s) = [L\lambda - L \uparrow - \tau(1 - \varepsilon)L \downarrow] / \tau\varepsilon \quad (2)$$

T_s 利用普朗克定律计算获取,即:

$$T_s = K_2 / \ln(K_1 / B(T_s) + 1) \quad (3)$$

其中:对于Landsat 8影像 $K_1 = 774.89 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \mu\text{m} \cdot \text{sr})$, $K_2 = 1321.08 \text{ K}$,而Landsat 5影像中 $K_1 = 607.76 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \mu\text{m} \cdot \text{sr})$, $K_2 = 1260.56 \text{ K}$ 。

(2) 地表比辐射率计算:

地表比辐射率是通过与NDVI混合模型FVC之间来建立回归方程,其中:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

$$\text{FVC} = [(\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{soil}}) / (\text{NDVI}_{\text{veg}} - \text{NDVI}_{\text{soil}})] \quad (4)$$

其中:NIR和RED分别为近红外和红光波段的反射率值,FVC在该式中代表研究区的植被覆盖度,NDVI是反映研究区是否有植被覆盖及其植被覆盖

情况的重要绿地参数,即归一化植被指数, $\text{NDVI}_{\text{soil}}$ 和 NDVI_{veg} 分别表示该地区无植被覆盖和完全被植被覆盖时NDVI的像元值。

辐射传输方程中地表比辐射率的计算参照徐涵秋等的研究,将地表覆盖类型分为3种^[19]:

水体采用:0.995

自然表面为:

$$\varepsilon_{\text{surface}} = 0.9625 + 0.0614\text{FVC} - 0.0461\text{FVC}^2 \quad (5)$$

城镇区为:

$$\varepsilon_{\text{building}} = 0.9589 + 0.086\text{FVC} - 0.0671\text{FVC}^2 \quad (6)$$

3.2.2 ASTER数据温度反演

ASTER夜间数据由于缺乏可见光波段而无法采用劈窗算法反演地表温度,因此本研究基于ASTER数据band 13计算亮度温度。虽然亮度温度与地表温度间存在一定差异,但二者具有线性关系,可满足热岛研究需要^[20-21]。亮度温度反演步骤如下:

(1) band13亮温定标:

$$Li = \text{gain} \times \text{DN} + \text{offset} \quad (7)$$

其中:DN为像元灰度值,gain和offset是ASTER数据13波段的增益和偏差值,分别为0.005693和-0.005693,可通过头文件获取。

(2) 亮度温度值计算公式如下:

$$Ti = \frac{C2}{\left(\lambda_i \times \ln \left(1 + C1 / (\lambda_i^5 \times Li) \right) \right)} \quad (8)$$

其中: $C_1 = 1.19104356 \times 10^{-16} \text{ W} \cdot \text{m}^2$, $C_2 = 1.4387685 \times 10^4 \mu\text{m} \cdot \text{K}$, λ_i 为波长, L_i 为定标后的辐射亮度值。

3.2.3 归一化处理及温度等级划分

为消除不同季相差异,对温度进行归一化处理,其归一化处理公式如下^[22]:

$$Ni = (b1 - K_{\min}) / (K_{\max} - K_{\min}) \quad (9)$$

其中: Ni 表示对温度进行归一化处理后的影像值; $b1$ 为最终温度图像; K_{\min} 和 K_{\max} 分别为温度的最小值及最大值。

采用均值标准差法对温度进行等级划分,从中温级开始以0.1为间隔,将其细化为7个等级,分别为低温、较低温、次中温、中温、次高温、高温和特高温,进一步突出研究区域内部的温度差异^[23]。

3.2.4 热岛强度计算

定义城市热岛强度为城区地温平均值与郊区地温平均值之差^[24-25]:

$$\text{UHI} = \text{LST}_u - \text{LST}_s \quad (10)$$

其中:UHI为城市热岛强度, LST_u 为城区温度平均

值, LST_s 为郊区温度平均值。已有研究表明, 热岛效应的最小影响区为城区面积的 150%, 因此在计算热岛强度时选取主要建成区的 150% 的周边区域作为郊区, 城区温度平均值与郊区温度平均值之差, 即为热岛强度^[26]。

4 结果与讨论

4.1 季节对热岛提取的影响

选取同一年份 4 个季节的 Landsat 5 遥感影像, 过境时间分别为 2009 年 4 月 6 日、8 月 12 日、10 月 15 日和 12 月 18 日, 对其进行地表温度反演和等级划分(图 2)。定性与定量分析结果表明, 不同季节热

岛效应反演结果具有较大差异。

图 2 中春季建成区内部主要为次高温分布, 周围区域为中温分布, 城市热岛效应较为明显。夏季建成区内部以高温分布为主, 农田区域以中温和次高温分布为主, 城市热岛效应提取效果优于春季。秋季建成区内主要为中温和次高温分布, 周围农田区域为高温和特高温分布, 农田区域地表温度等级高于建成区, 出现城市冷岛现象。冬季影像中建成区内为低温和次中温分布, 而周围农田区域为中温分布, 城市冷岛现象明显。

为进一步定量说明季节对热岛提取效果的影响, 将 4 个时相的热岛强度进行统计分析(表 2), 差

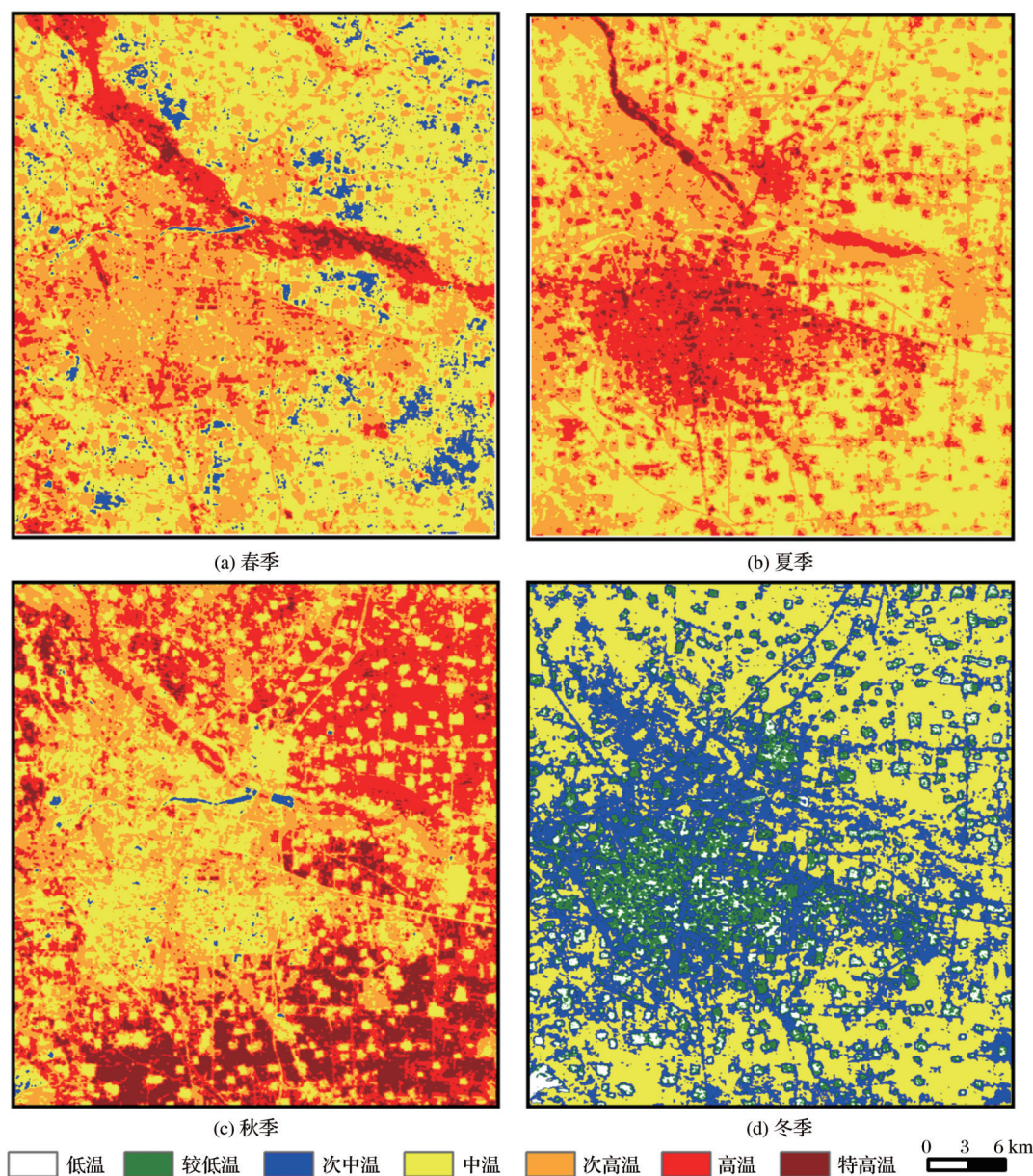


图 2 4 个时相地表温度等级分布图

Fig.2 Spatial distribution of surface temperature levels for four periods

值为正表明出现城市热岛现象,差值为负表明出现城市冷岛现象,城郊差值越大热岛提取效果越好。由表2可知,石家庄市夏季热岛强度最大且提取效果最好,春季次之,秋季和冬季出现城市冷岛现象。造成这一季节提取差异的主要原因可能是植被覆盖率和气温,当某一区域植被覆盖率超过30%可以明显削弱城市热岛效应^[27],相反大气温度上升可以加强城市热岛效应^[28],想要得到较好的遥感热岛提取结果需要同时具备这两个条件。例如文中所选石家庄夏季影像(8月12日),此时天气较为稳定,太阳辐射强,人为热排放量大,城区地表温度明显高于其他3个季节,而郊区为大片农田作物,对地表温度的削弱作用较强,相较于其他季节进一步加大了城郊地温梯度差异,使得热岛空间层次感更强,提取效果更好。因此在遥感影像选择阶段要结合研究区域具体情况,选择地表温度高且郊区植被覆盖率较高的影像。

4.2 农田生长状态对热岛提取的影响

农田属于人工植被,具有收割、休耕等非自然

表2 4个时相热岛强度统计表

Table 2 Heat island intensity statistics for four periods

	城区地温平均值/℃	郊区地温平均值/℃	差值/℃
春季	29.52	28.30	1.22
夏季	40.36	34.83	5.53
秋季	23.02	25.46	-2.44
冬季	-1.39	0.07	-1.46

信息变化,因此在遥感热岛提取影响因素分析时不可忽略。选取同一季节但植被长势状态不同的两景影像,过境时间分别为2009年6月25日(图3(a))和8月12日(图3(b))。通过与标准假彩色合成影像对比发现,6月25日农田作物已收获,大片土壤裸露,石家庄建成区与农田区域影像光谱相似且均以次高温(均值为42.38℃)分布为主,无地表温度等级差异,亦无热岛现象。8月12日农作物长势较好,石家庄建成区以高温(均值为38.62℃)和特高温(均值为44.24℃)分布为主,农田区域受农作物影响以中温(均值为32.25℃)分布为主,较建成区低1~2个温度等级,温度差最大为11.99℃,遥感热岛提取效果较好。

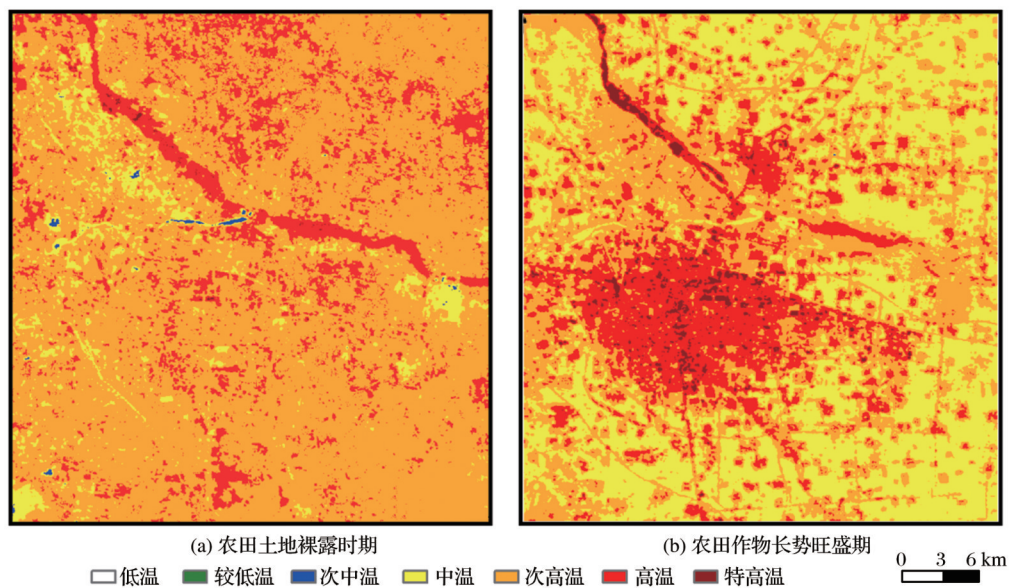


图3 农田作物对热岛效应的影响

Fig.3 Effects of field crops on the heat island effect

造成两景影像热岛提取结果差异的主要因素是农田生长状态。已有学者研究表明,农田作物收获后地表组分发生变化,建成区与农田裸露土壤在TM/OLI波段的光谱响应模式相似,且土壤含水量降低,白天受太阳辐射影响,温度迅速升高,与建成区地表温度持平甚至超过建成区地表温度,从而导致影像提取结果为无热岛或城市冷岛现象^[29-31]。因

此,在影像选择阶段,要考虑研究区域农田作物生长茂盛且覆盖率较高时的影像,避免农田土壤裸露造成的遥感热岛的无效提取。

4.3 昼夜对热岛提取的影响

选取了同一季节植被长势相同(农田收获后土地裸露)的昼夜影像,分别为2015年7月12日 Landsat 影像(白天)和6月26日 ASTER 影像(夜间)。

由图4可知,石家庄市白天建成区和农田区域均以中温(41.89°C)分布为主,无热岛现象。夜间建成区内温度等级以次高温(24.46°C)和中温(22.56°C)分布为主,农田区域以次中温(18.46°C)、低温(17.52°C)和较低温(16.92°C)分布为主,热岛强度呈现由内部向外围环状递减趋势,最大温差为 7.54°C ,热岛效应明显。

昼夜遥感热岛提取结果对比分析表明,季节相同、植被长势相同的情况下,白天和夜间城市热岛

效应的反演结果具有较大差异,昼夜是影响遥感热岛提取结果的一个重要因素。这是由于城市下垫面异于郊区,对太阳辐射反射率小,热容量大且夜间近地层大气相对较为稳定,导致建成区热量辅散不畅,存储的热量高,热岛效应显著^[32-33]。

因此遥感热岛的提取要考虑昼夜因素的影响,尤其是在农田裸露时期遥感热岛的提取尽量选择夜间数据,避免白天无热岛情况,提高数据选择和处理效率。

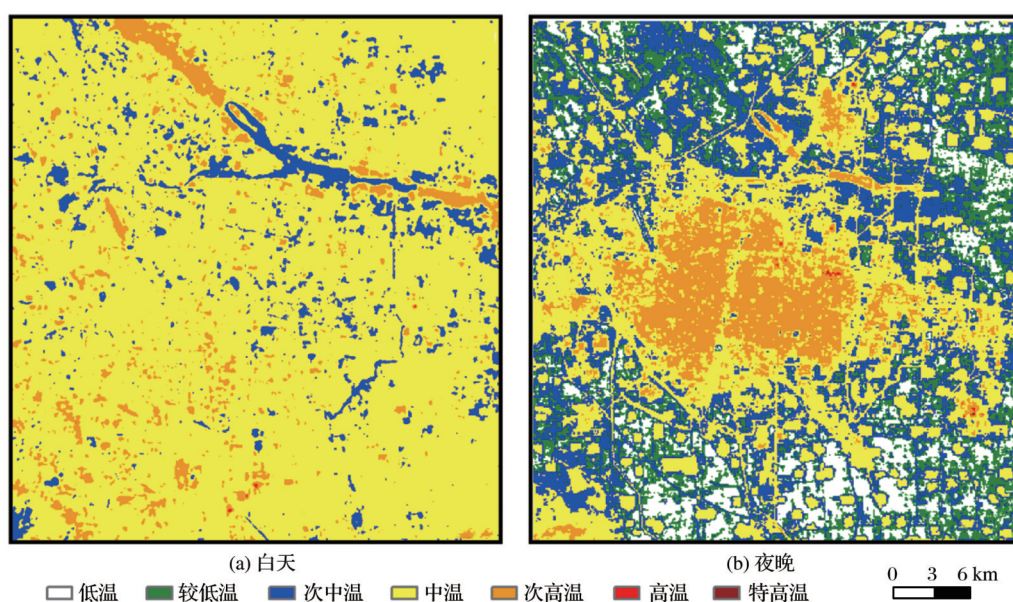


图4 昼夜温度等级分布图

Fig.4 Spatial distribution of temperature levels for day and night

4.4 讨 论

在遥感热岛提取过程中,当所选影像过境时间为农田土地裸露(昼)时,会出现无热岛或冷岛现象(如图2(c)和图3(a)),这可能是由大气温度、地表物质组成(土壤、植被)等引起^[22,34]。一般会出现在农田作物大面积收割后或冬季,由于不同地区之间气候及农作物种植习惯的差异,很难统一这两种现象出现的具体时间以及时长。对于此类情况,在原始数据选择时,可根据热红外图像上建成区与农田区域的色调差异进一步判断。

在夜间或农田作物生长茂盛时期,热红外图像上建成区呈较亮的灰白色调,农田区域呈现暗灰色或深灰色,色调差异越大遥感热岛提取效果越好。而农田土壤大片裸露或植被萌芽阶段植株较低时,在白天热红外图像上建成区与农田区域色调相似,无明显温度梯度差异,提取结果显示无热岛现象。对于城市冷岛现象,易出现于冬季和地表温度较高

且裸土较为干燥时期的白天影像上,热红外图像上建成区呈暗灰色或深灰色,农田区域呈较亮的灰白色。

因此,在遥感数据选择阶段,过境时间为白天的影像要同步考虑大气温度和农田作物生长状态这两个因素,如若白天数据选择受限,可以考虑使用夜间数据进行遥感热岛提取。

5 结 论

以石家庄市为例,基于 Landsat 和 ASTER 白天和夜间遥感影像数据,对热岛效应出现的影响因素进行剖析。研究发现:

(1)不同季节遥感热岛提取结果和强度具有较大差异,石家庄市夏季遥感热岛提取效果及热岛强度均优于其他3个季节,春季次之,秋季和冬季出现城市冷岛现象,基于季节对热岛提取的影响分析可知,良好的热岛提取条件应同时具备较高的温度和较高的郊区植被覆盖率。

(2)同一季节植被长势状态不同的遥感热岛提取结果具有较大差异,反演城市热岛时应选择农作物生长茂盛时期的数据,避免使用建成区与农田区域光谱响应模式较为相似的遥感影像,以获得较明显的热岛提取结果。

(3)季节和植被长势状态相同的情况下,昼夜影像热岛的提取结果也具有较大差异。夜间近地层大气较为稳定,城市下垫面热量扩散较农田区域慢,热岛效应显著,尤其在农田土壤裸露时期,遥感热岛的提取及研究尽量选择夜间数据。

参考文献(References):

- [1] Keikhosravi Q. The Effect of Heat Waves on the Intensification of the Heat Island of Iran's Metropolises(Tehran, Mashhad, Tabriz, Ahvaz)[J]. *Urban Climate*, 2019, 28:100453. doi:10.1016/j.uclim.2019.100453.
- [2] Venter Z S, Brousse O, Esau I, *et al.* Hyperlocal Mapping of Urban Air Temperature Using Remote Sensing and Crowdsourced Weather Data[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2020, 242: 111791. doi:10.1016/j.rse.2020.111791.
- [3] Parison S, Hendel M, Royon L. A Statistical Method for Quantifying the Field Effects of Urban Heat Island Mitigation Techniques[J]. *Urban Climate*, 2020, 33:100651. doi:10.1016/j.uclim.2020.100651.
- [4] Du J, Xiang X Y, Zhao B Y, *et al.* Impact of Urban Expansion on Land Surface Temperature in Fuzhou, China Using Landsat Imagery[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2020, 61: 102346. doi: 10.1016/j.scs.2020.102346.
- [5] Mushtaha E, Shareef S, Alsyouf I, *et al.* A Study of the Impact of Major Urban Heat Island Factors in a Hot Climate Courtyard: The Case of the University of Sharjah, UAE[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2021, 69: 102844. doi: 10.1016/J.SCS.2021.102844.
- [6] Liu Yupeng, Yang Bo, Chen Chong. Temporal and Spatial Analysis of Urban Heat Island in Changsha Remote Sensing Data[J]. *Remote Sensing Information*, 2011, 26(6): 73-78. [刘宇鹏,杨波,陈崇.基于遥感的长沙市城市热岛效应时空分析[J].*遥感信息*, 2011, 26(6): 73-78.]
- [7] Wang Liang, Meng Qingyan, Wu Jun, *et al.* Monitoring and Analyzing Spatio-temporal Changes of Heat Island Intensity in Beijing Main Urban Construction Area from 2005 to 2014[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2015, 17(9):1047-1054. [王靓,孟庆岩,吴俊,等.2005~2014年北京市主要城建区热岛强度时空格局分析[J].*地球信息科学学报*, 2015, 17(9):1047-1054.]
- [8] Zhang Yang, Hu Deyong, Cao Shisong, *et al.* Monitoring Urban Heat Island Intensity of Beijing - Tianjin - Hebei Urban Agglomeration on Remote Sensing and its Relationship with Urban Scale[J]. *Journal of Capital Normal University (Natural Science Edition)*, 2018, 39(5):72-80. [张阳,胡德勇,曹诗颂,等.京津冀城市群热岛强度遥感监测及其城市规模效应分析[J].*首都师范大学学报(自然科学版)*, 2018, 39(5): 72-80.]
- [9] Lu Huimin, Li Fei, Zhang Meiliang, *et al.* Effects of Landscape Pattern on Annual Variation of Thermal Environment in Hangzhou[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2018, 33(3):398-407. [卢惠敏,李飞,张美亮,等.景观格局对杭州城市热环境年内变化的影响分析[J].*遥感技术与应用*, 2018, 33(3):398-407.]
- [10] Pan Minghui, Lan Siren, Zhu Liying, *et al.* Influence of Landscape Pattern Types on Heat Island Effect over Central Fuzhou City[J]. *China Environmental Science*, 2020, 40(6): 2635-2646. [潘明慧,兰思仁,朱里莹,等.景观格局类型对热岛效应的影响——以福州市中心城区为例[J].*中国环境科学*, 2020, 40(6):2635-2646.]
- [11] Li Xiaoyong, Kuang Wenhui. The Effects of Urban Land Cover Composition and Structure on Land Surface Temperature in Beijing, Tianjin, and Shijiazhuang[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2019, 38(10):3057-3065. [李孝永,匡文慧.北京、天津和石家庄城市地表覆盖组分与结构特征对地表温度的影响[J].*生态学杂志*, 2019, 38(10):3057-3065.]
- [12] Zhao Hongmei. Remote Sensing the Spatial Distribution of the Heat Island Effect in Shijiazhuang City[D]. Shijiazhuang: Hebei Normal University, 2008. [赵红梅.基于遥感的石家庄市城市热岛效应的空间分异规律研究[D].石家庄:河北师范大学, 2008.]
- [13] Li Haifeng. Contrastive Analysis of Black-body Temperature and Land Surface Temperature based on TM Image[J]. *Geospatial Information*, 2018, 16(3):47-49, 53, 9. [李海峰.基于TM影像的亮温与地温数据比对分析[J].*地理空间信息*, 2018, 16(3):47-49, 53, 9.]
- [14] Ruan Junjie. Effect of Urban Parks on Thermal Environment in Summer: A Case Study in Shanghai[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2016, 25(10):1663-1670. [阮俊杰.城市公园对夏季热环境的影响——以上海市中心城区为例[J].*生态环境学报*, 2016, 25(10):1663-1670.]
- [15] Wang Tianxing, Chen Songlin, Ma Ya, *et al.* Comparison on Scale Effect of Urban Heat Island Defined by Brightness Temperature and Land Surface Temperature[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2007(6):73-77. [王天星,陈松林,马娅,等.亮温与地表温度表征的城市热岛尺度效应对比研究[J].*地理与地理信息科学*, 2007(6):73-77.]
- [16] Song Ting, Duan Zheng, Liu Junzhi, *et al.* Comparison of Four Algorithms to Retrieve Land Surface Temperature Using Landsat 8 Satellite[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2015, 19(3):451-464. [宋挺,段峥,刘志志,等.Landsat 8数据地表温度反演算法对比[J].*遥感学报*, 2015, 19(3):451-464.]
- [17] Li Zhaoliang, Duan Sibao, Tang Bohui, *et al.* Review of Methods for Land Surface Temperature Derived from Thermal Infrared Remotely Sensed Data[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2016, 20(5):899-920. [李召良,段四波,唐伯惠,等.热红外

- 地表温度遥感反演方法研究进展[J]. 遥感学报, 2016, 20(5):899-920.]
- [18] Jin Diandian, Gong Zhaoning. Algorithms Comparison of Land Surface Temperature Retrieval from Landsat Series Data: A Case Study in Qiqihar[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2018, 33(5):830-841.[金点点, 宫兆宁. 基于 Landsat 系列数据地表温度反演算法对比分析——以齐齐哈尔市辖区为例[J]. 遥感技术与应用, 2018, 33(5):830-841.]
- [19] Wang Lei, Wang Jie, Fu Lin, *et al.* Characteristics of Vegetation Coverage Changes in Nanchong Jurisdiction in the Past Fifteen Years[J]. Ecological Science, 2019, 38(1):159-167. [王磊, 王杰, 付林, 等. 南充市辖区近 15 年植被覆盖度变化特征[J]. 生态科学, 2019, 38(1):159-167.]
- [20] Huang Jücong, Zhao Xiaofeng, Tang Lina, *et al.* Analysis on the Seasonal Changes of Urban Thermal Landscape Pattern and Its Application[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2011, 20(2):304-310.[黄聚聪, 赵小峰, 唐立娜, 等. 城市热力景观格局季节变化特征分析及其应用[J]. 生态环境学报, 2011, 20(2):304-310.]
- [21] Wu Zhigang, Jiang Tao, Fan Yanlei, *et al.* Land Surface Temperature Retrieval and Result Analysis based on Landsat 8 Data in Wuhan City[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics, 2016, 13(1):135-142.[吴志刚, 江滔, 樊艳磊, 等. 基于 Landsat 8 数据的地表温度反演及分析研究——以武汉市为例[J]. 工程地球物理学报, 2016, 13(1):135-142.]
- [22] Xu Hanqiu. Analysis on Urban Heat Island Effect based on the Dynamics of Urban Surface Biophysical Descriptors[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(14):3890-3901.[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.]
- [23] Qiao Zhi, Sun Zongyao, Sun Xihua, *et al.* Prediction and Analysis of Urban Thermal Environment Risk and Its Spatio-Temporal Pattern[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(2):649-659.[乔治, 孙宗耀, 孙希华, 等. 城市热环境风险预测及时空格局分析[J]. 生态学报, 2019, 39(2):649-659.]
- [24] Kedia S, Bhakare S, Dwivedi A K, *et al.* Estimates of Change in Surface Meteorology and Urban Heat Island over North-west India: Impact of Urbanization[J]. Urban Climate, 2021, 36:100782. doi:10.1016/J.UCLIM.2021.100782.
- [25] Harmay N S M, Kim D, Choi M. Urban Heat Island Associated with Land Use/Land Cover and Climate Variations in Melbourne, Australia [J]. Sustainable Cities and Society, 2021, 69:102861. doi:10.1016/J.SCS.2021.102861.
- [26] Peng S S, Piao S L, Ciais P, *et al.* Surface Urban Heat Island Across 419 Global Big Cities[J]. Environment Science Technology, 2012, 46(2):696-703. doi:10.1021/es2030438.
- [27] Peng Shaolin, Zhou Kai, Ye Youhua, *et al.* Research Progress in Urban Heat Island [J]. Ecology and Environment, 2005, 14(4):574-579.[彭少麟, 周凯, 叶有华, 等. 城市热岛效应研究进展[J]. 生态环境, 2005, 14(4):574-579.]
- [28] Peng Baofa, Shi Yishao, Wang Hefeng, *et al.* The Impacting Mechanism and Laws of Function of Urban Heat Island Effect: A Case Study of Shanghai[J]. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(11):1461-1471.[彭保发, 石忆邵, 王贺封, 等. 城市热岛效应的影响机理及其作用规律——以上海市为例[J]. 地理学报, 2013, 68(11):1461-1471.]
- [29] Chen Binhui, Feng Yao, Yuan Jianguo, *et al.* Spatiotemporal Difference of Urban Heat Island in Jing-Jin-Ji Area based on MODIS Land Surface Temperature[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2016, 52(6):1134-1140.[陈彬辉, 冯瑶, 袁建国, 等. 基于 MODIS 地表温度的京津冀地区城市热岛时空差异研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2016, 52(6):1134-1140.]
- [30] Tan J K N, Belcher R N, Tan H T W, *et al.* The Urban Heat Island Mitigation Potential of Vegetation Depends on Local Surface Type and Shade[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2021, 62:127128. doi:10.1016/J.UFUG.2021.127128.
- [31] Mathew A, Khandelwal S, Kaul N. Spatio-temporal Variations of Surface Temperatures of Ahmedabad City and Its Relationship with Vegetation and Urbanization Parameters as Indicators of Surface Temperatures [J]. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 2018, 11:119-139. doi:10.1016/j.rsase.2018.05.003.
- [32] Qiao Zhi, Tian Guangjin. Spatiotemporal Diversity and Regionalization of the Urban Thermal Environment in Beijing [J]. Journal of Remote Sensing, 2014, 18(3):715-734.[乔治, 田光进. 北京市热环境时空分异与区划[J]. 遥感学报, 2014, 18(3):715-734.]
- [33] Qiao Zhi, Huang Ningyu, Xu Xinliang, *et al.* Spatio-Temporal Pattern and Evolution of the Urban Thermal Landscape in Metropolitan Beijing between 2003 and 2017 [J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(3):475-489.[乔治, 黄宁钰, 徐新良, 等. 2003~2017 年北京市地表热力景观时空分异特征及演变规律[J]. 地理学报, 2019, 74(3):475-489.]
- [34] Wang Gang, Zhang Qiuping, Xiao Rongbo, *et al.* Thermal Island Regulation Difference of Urban Green Spaces between Autumn and Winter in Guangzhou, South China [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2018, 57(5):38-48.[王刚, 张秋平, 肖荣波, 等. 秋冬季节广州城市绿地对热岛效应的调控作用差异分析[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2018, 57(5):38-48.]

Analysis of Influence Factors of Urban Heat Island Effect based on Remote Sensing

Yin Cuijing¹, Feng Kai¹, Wang Qi², Liu Lei¹

(1.School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2.China Siwei Surveying and Mapping Technology Co. Ltd., Beijing 100094, China)

Abstract: With the rapid growth of urbanization, the heat island effect has become a hot issue in today's society. Most of the existing researches focus on the analysis of heat island intensity change and landscape pattern influence. In fact, the extraction results of remote sensing heat island are affected by many factors. Image selection is particularly critical. Taking Shijiazhuang as an example, Landsat (different seasons and different vegetation status in the same season) and ASTER night images were used in this paper. These data were used to analyze the impacts of season, farmland growth state, daytime and night and other factors on the extraction results of remote sensing heat island. Research show that, in the seasons with flourish crops growth, high average temperature, remote sensing heat island extraction effect is better and the intensity of heat island is larger. After the harvest of farmland crops, the land is bare. To ensure the quality of remote sensing heat island extraction, night data should be selected. The experimental results can provide reference for the selection and analysis of remote sensing data in the process of heat island research.

Key words: Urban Heat Island; Remote sensing; Shijiazhuang; Influence factors

第二十二届中国遥感大会

“第二十二届中国遥感大会”拟定于2020年8月26日-29日在江苏常州召开。本届会议主题为“全球变化与区域响应”,旨在交流近年来国内遥感领域在理论、技术与应用等方面的最新进展,展示遥感技术最新成果。会议同期将举行“第十一届中国青年遥感辩论会”、新技术新成果展览会及遥感影像艺术展等。

会议由中国遥感委员会主办,中国环境科学学会环境信息系统与遥感专业委员会承办,国家遥感中心、中国宇航学会遥感专业委员会、中国测绘学会摄影测量与遥感专业委员会、中国地理学会环境遥感分会、中国地质学会遥感地质专业委员会、中国海洋学会-中国海洋湖沼学会海洋遥感专业委员会、中国气象学会卫星气象学委员会、中国空间学会空间遥感专业委员会、中国航空学会电子专业委员会、中国自动化学会“三遥”专业委员会、中国地理信息系统产业协会软件产业工作委员会、中国水利学会遥感专业委员会、中国感光学会遥感专业委员会、中国土地学会土地信息与遥感分会、全国高校联合遥感中心、国际数字地球学会中国国家委员会、中国环境科学学会环境信息系统与遥感专业委员会、中国土壤学会土壤遥感信息专业委员会、全国地方遥感应用协会、中国图象图形学学会遥感图像专业委员会、北京二十一世纪空间技术应用股份有限公司、中国遥感委员会遥感科技期刊宣传专业委员会等单位共同协办。