

doi:10.3969/j.issn.1001-358X.2020.01.001

“3S”技术

泰安市土地利用类型与地表温度的关系研究*

齐广慧^{1,2}, 唐 凯¹, 赵传华¹

(1. 山东农业大学 信息科学与工程学院, 山东 泰安 271018;

2. 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018)

摘要:文中以泰安市为研究区域,选取 2018 年 5 月 Landsat 8 OLI/TIRS 影像为数据源,采用最大似然分类法得到泰安市土地利用分类图,同时采用单窗算法反演地表温度得到地表温度图,从小尺度城市内部分析土地利用类型与地表温度之间的相互关系。得出土地利用类型与地表温度关系,可表示为:居民地及工矿用地>裸地>耕地>林地及草地>水体。居民地及工矿用地对地表温度的升高贡献最大,而水体和林地对地表降温有明显效果,能有效缓解热岛效应等城市气候问题,并为泰安市城市规划和未来建设提出合理建议。

关键词:最大似然法;地表温度;单窗算法;热岛效应

中图分类号:TD171

文献标识码:A

文章编号:1001-358X(2020)01-0001-05

Study on the relationships between the land use type and the
land surface temperature in Taian City

Qi Guanghui, Tang Kai, Zhao Chuanhua

(1. College of Information Science and Engineering, Shandong Agriculture University, Taian 271018, China;

2. College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: In this paper, taking Taian City as the research area, selecting Landsat 8 OLI/TIRS image as data source in May 2018, and the maximum likelihood classification method was used to obtain the land use classification map of Taian City, and the surface temperature map was obtained by using the single-window algorithm to inversion the surface temperature map. The relationship between land use type and surface temperature could be expressed as: residential land and industrial and mining land > Naked > Cultivated land > Woodlands and grasslands > Water bodies. Residents and industrial and mining land had the greatest contribution to the rise of surface temperature, while water bodies and woodlands had the significant effect on surface cooling, which could effectively alleviate urban climate problems such as the heat island effect providing the reasonable suggestions for urban planning and future construction in Taian City.

Key words: maximum likelihood method; surface temperature; single window algorithm; Hot Island Effect

随着人类科技水平的提升和社会的进步,城市规模扩张迅速,土地利用类型变化频繁,严重影响了城市的气候。因此对土地利用类型和地表温度关系的研究已成为诸多学者研究的重要问题。地表温度和土地利用类型可作为众多研究领域的基础参数,研究土地利用类型和地表温度的关系,能够有效从

根源上研究热岛效应产生的原因及影响,更加深入理解土地利用类型变化下城市地表温度的空间特征和动态变化,并且能对地表降温、农业监测、气象预告、城市建设规划等问题的解决起到关键性的作用。

地表温度反演的应用相当广泛,李柏延^[1]等利用遥感数据反演地表温度的方法对热岛效应进行研

* 基金项目:山东农业大学信息学院青年教师科研骨干培养计划项目(xxy201705)

引用格式:齐广慧,唐凯,赵传华.泰安市土地利用类型与地表温度的关系研究[J]. 矿山测量,2020,48(1):1-5,11.

究;王丽春^[2]等在构建遥感生态指数对新疆玛纳斯湖湿地生态情况进行评价时,选择了地表温度作为重要参数;Sandholt^[3]等提出了温度植被指数,该指数结合地表温度可以消除土壤水分、植被指数的影响;姜波^[4]等利用地表温度作为关键参数并结合地表气象元素进行 GNSS 气象学模型的拟合;马俊飞^[5]等还通过对 2000 ~ 2016 年山东省地表温度的监测来探讨温度变化和地震活动关系。

地表温度受许多因素影响,但起到决定作用的还是下垫面类型,即地表土地利用类型。目前关于土地利用类型与地表温度关系的研究还比较少,凌丽媛^[6]利用归一化植被指数(NDVI)、归一化建筑指数(NDBI)和归一化差异水体指数(MNDWI),分析了三个地表参数和地表温度的关系。研究表明地表温度与 NDBI 成正相关关系,而与 NDVI、MNDWI 成负相关关系。

本研究以山东省泰安市为研究区域,利用 Landsat8 OLI/TIRS 影像作为数据源划分土地利用类型和反演地表温度,从小尺度城市内部分析土地分类与地表温度之间的相互关系。为泰安市环境气候变化提供一个高效率、高精度的监测手段,并针对泰安市城市环境改善提出可行性建议。

1 研究区概况

研究区选择山东省泰安市(116°20'E—117°59'E,35°38'N—36°28'N),泰安市处在山东省的中部地区,处在温带大陆性半湿润季风气候区,区域内山地、丘陵、湖泊、河流等各种地貌地形齐全,北有东岳泰山,中部有徂徕山,东部有莲花山,西南部主要是丘陵地形,西部具有著名风景区东平湖。地表温度作为生态领域的基础参数,对其反演并研究与土地利用类型的关系,能够为泰安市环境气候变化等提供一个高效率、高精度的监测手段。

2 数据源与处理方法

2.1 数据源

本次研究数据主要包括用于土地利用类型分类和反演地表温度的遥感影像数据和研究区行政边界矢量图数据。

遥感影像数据为研究区 2018 年 5 月 3 日 Landsat 8 OLI/TIRS 影像,源于地理空间数据云官网(<http://www.gscloud.cn/>),轨道号为 122 /35,云量为

0.1%,遥感影像满足土地利用类型分类及反演地表温度的要求。

2.2 数据处理方法

2.2.1 技术路线图

本研究采用监督分类中最大似然法对泰安市土地利用类型进行分类,同时运用单窗算法实现对泰安市地表温度的反演。最后对土地利用类型和地表温度的关系进行分析研究。研究技术路线如图 1 所示。

2.2.2 数据预处理

在获取包含研究区的遥感影像之后,先将遥感影像进行辐射定标和大气校正等预处理。辐射定标处理是为了将影像的 DN 值转换成对应的辐射亮度值,以保持数据的一致性和数据精度;大气校正可以消除传感器在接收讯号的过程中受到的大气影响^[7]。利用研究区行政边界矢量图对经过预处理后的影像进行掩模裁剪,从而得到只含有研究区的遥感影像。

2.2.3 土地利用类型分类

根据研究选取的 Landsat8 OLI 数据在可见光波段和全色波段分辨率的特点,采用 Gram - Schmidt Pan 影像融合的方法,将可见光波段 Band1 - 7 波段与全色波段 Band8 进行融合。得到具有高分辨率空间特征(15 m)的彩色遥感影像。

采用监督分类中精度较高的最大似然法(Maximum Likelihood)进行土地利用类型分类^[8]。根据研究需要将泰安市土地利用类型分为耕地、林地及草地、居民地及工矿用地、水体、裸土五类。对难以判定土地利用类型的地区则结合 Google Earth 实地判别进行 ROI 样本的选取。五类土地利用类型 ROI 共计选取 1 550 个样本区域。对选取后的样本计算可分离性,每两种样本间的可分离值在 1.8 以上为合格,可分离值在 1.9 以上说明可分离性好,每两类可分离性值皆在 1.9 以上,可进行监督分类。分类后采用主成分分析(Majority/Minority Analysis)、聚类处理(Clump Classes)和过滤处理(Sieve Classes)三种后处理方法进行剔除和重分类。

2.2.4 地表温度反演

本研究采用单通道算法,基于温度的单通道反演算法主要包含大气校正法(也称为辐射传输方程)、单窗算法和普通性单通道算法^[9]。其中覃志豪的单窗算法只需要地表比辐射率、大气平均作用温

度、大气透射率三个参数即可反演地表温度。在参数有适度误差时,该方法精度仍然可达 $<1.1^{\circ}\text{C}$ [10]。汤志 [11] 基于 Landsat8 TIRS10 数据使用单窗算法反演芜湖市地表温度,并利用 MODIS 地温产品进行精度验证,证明了 Landsat8 数据用于单窗算法的可行

性。

单窗算法是为避免对于实时探空数据的依赖而建立的适用于仅有一个热红外通道的反演方法 [12]。下面将选用 Landsat8 TIRS10 波段来计算和推导应用于研究区域的单窗算法,如式(1)所示。

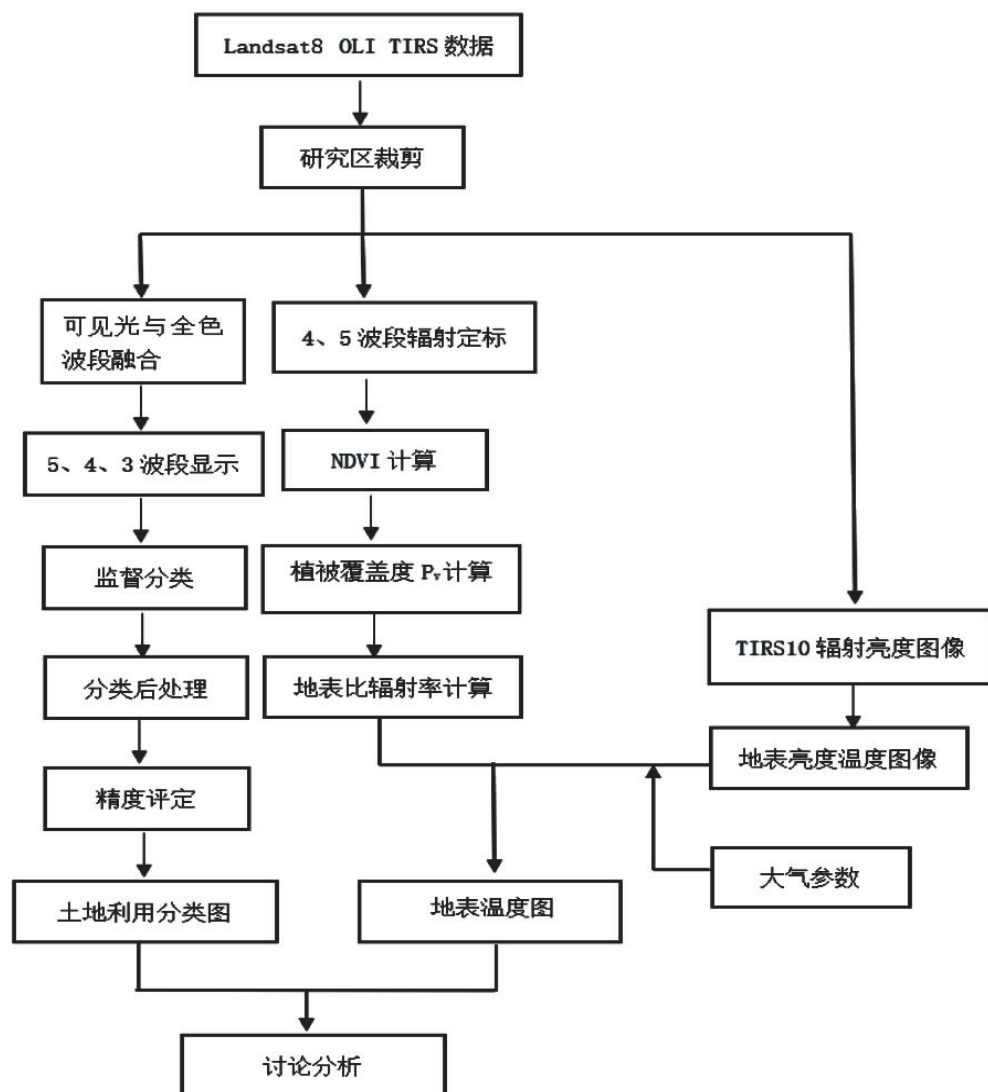


图1 研究技术路线图

$$T_s = \{a(1 - C - D) + [b(1 - C - D) + C + D]T_b - DT_a\} / C \quad (1)$$

式中, T_s 为地表温度; a, b 为地表温度反演回归系数, 根据经验参考系数分别取值 $a = -62.73566$, $b = 0.43404$, C 与 D 分别为地表比辐射率和大气透射率, T_b 为地表亮度温度(K); T_a 为研究区大气平均作用温度(K)。

(1) 地表亮度温度计算

地表亮度温度可以由定标后的影像通过普朗克公式计算得到, 如式(2)所示:

$$T_b = K_2 \cdot \ln[K_1 / B(T_b) + 1] \quad (2)$$

式中, K_1, K_2 为系数, 可由影像头文件获取。 $K_1 = 774.89 \text{ W}$, $K_2 = 1321.08 \text{ K}$ 。 L 为辐射亮度, 计算公式 $L = 0.055158 \times DN + 1.2378$, 式中 DN 为 Landsat8 TIRS10 波段的灰度值。

(2) 地表比辐射率

地表比辐射率又称发射率, 是同一温度下地表发射的辐射量与一黑体发射辐射量的比值。地表比辐射率是地表温度反演的基本参数之一, 由于地表物质的物理特性和结构材料的影响, 其地表比辐射

率是不同的。与地表组成成分、地表粗糙度及波长等因素有关。

根据高懋芳等^[13]针对 TM 遥感影像提出来的比辐射率估算方法来推算在 Landsat8 遥感影像上的应用。城镇表面可以看做由建筑和植被两种地物类型信息混合组成的像元,自然表面像元可以当做由裸土和植被两种地物类型信息混合组成的像元。结合卫星影像和分类图像,研究区泰安市影像中城镇在图像中所占比例不大,但居民地及工矿用地作为一类研究类型也不可忽视。本研究采用地表比辐射率的混合模型,计算如式(3)所示。

$$\varepsilon_i = P_V R_V \varepsilon_{iv} + (1 - P_V) R_S \varepsilon_{is} + d_e \quad (3)$$

式中, i 分别指热红外波段 Band10 和 Band11 两波段, P_V 是地表植被覆盖度,可由 NDVI 计算得出, ε_i 是指 Landsat8 影像第 i 波段的地表比反射率, R_V 、 R_S 分别代表地表植被与裸地的温度比例,热辐射校正项 d_e 产生于植被和裸地相互之间的热辐射作用。

通过计算得到 TIRS10、11 各像元类型地表比辐射率值,如表 1 所示。

表 1 TIRS10、11 像元类型地表比辐射率值

波段	水体	植被	建筑	裸地
Band10	0.996 82	0.986 71	0.964 886	0.967 67
Band11	0.992 52	0.989 91	0.975 114	0.977 91

(3) 大气参数的计算

大气透射率计算,用于地表温度反演的热红外波段的大气透射率主要受到大气水汽含量的影响,因此可以通过模型计算出大气透射率与大气水汽含量的定量关系^[14]。然后就可以将获得的大气水汽含量数据带入定量模型计算出大气透射率。据研究表明,对 Landsat8 进行大气水汽含量反演相当困难。相对来说,大气含量的反演更适用于 MODIS 数据^[14]。由于缺少同时期的 MODIS 影像数据,本次研究采用 NASA 官网的大气透射率计算工具计算大气透射率参数。经计算得 2018 年 5 月 3 日下午 2:47 时泰安市大气透射率为 0.94。

大气平均作用温度的估计可根据大气模式分为热带大气、中纬度夏季大气、中纬度冬季大气和美国 1976 年标准大气四种,研究区泰安市大气模式属于 MLS 即中纬度夏季大气模式。由气象资料查询可知,将当天气温 $T_0 = 23.5^\circ\text{C}$ 带入相应估算方程,得泰安市当天大气平均作用温度 $T_a = 37.777^\circ\text{C}$ 。

3 结果与分析

4

3.1 土地利用类型分类结果

根据研究需要将泰安市土地利用类型分为耕地、林地及草地、居民地及工矿用地、水体、裸土五类。得到总体分类精度为 97.557 3%, kappa 系数为 0.969 4,分类精度满足研究要求。最后将分类后处理的图像制作泰安市土地利用类型分类专题图。如图 2 所示。

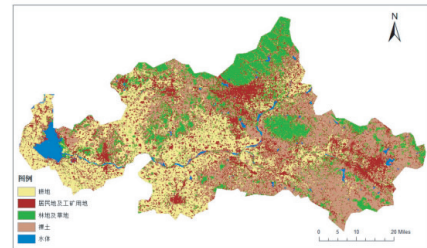


图 2 泰安市土地利用分类图

由泰安市土地利用分类图和统计可得,裸土主要分布在泰安市西北部和东南部地区,占泰安市总面积的 24.5%。结合 Google Earth 发现中部徂徕山地区和北部的泰山山脉地区为林地及草地的主要分布区域,共占泰安市总面积的 19.7%;泰安市耕地不均匀分布在全市,但主要聚集在西部和南部,面积占比为 32.8%;水体主要有西部的东平湖、大汶河及面积不一的湖泊、水库,占泰安市总面积的 2.2%;泰安市城区主要分布在泰山南部及东部,耕地中也分布着村庄;占泰安市总面积的 20.5%。

3.2 地表温度反演结果

将计算或者查询得到的地表亮度温度,地表比辐射率、参数 C、D 及大气参数带入单窗算法公式运算,得到泰安市地表温度图,如图 3 所示。

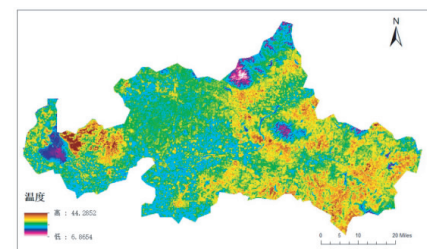


图 3 泰安市地表温度图

由泰安市地表温度图(3)可知,地表温度最低为 6.8654°C ,最高为 44.2852°C ,根据温度反演实际情况设定五个温度区间,分别为极低温区: $6.86 \sim 13.0^\circ\text{C}$;低温区: $13.0 \sim 18.0^\circ\text{C}$;中温区: $18.0 \sim 23.0^\circ\text{C}$;高温区: $23.0 \sim 28.0^\circ\text{C}$;极高温区: 28°C 以上,得到泰安市热岛强度分布图,如图 4 所示。

分别将五个温度区间的地区提取出来并统计面

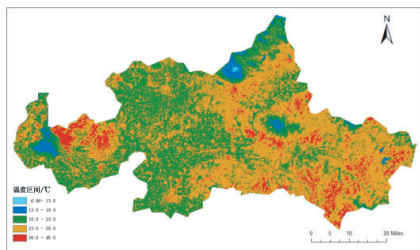


图 4 泰安市泰安市热岛强度分布图

积占比,得到极低温区占泰安市总面积的 0.05%,主要分布在泰山顶部地区;低温区占泰安市总面积的 2.28%,主要分布在东平湖、泰山山脉和徂徕山地区;中温区占泰安市总面积的 42.04%,主要分布在南部耕地和北部林地地区;高温区占泰安市总面积的 48.99%,主要分布在泰山区主城区及周边地区、东南部裸土地区;极高温区占泰安市总面积 6.64%,主要分布在泰山区城区中心和纯净裸土地区。中温区与高温区共占泰安市的 91.03%。根据当天气象资料可知,泰安市当天温度在 13 ~ 24 ℃,与实际反演结果大致相同。

3.3 土地利用与地表温度相关性分析

从上述分析可以得出:不同的土地覆盖类型对地表地温的影响具有明显的差异。为探究不同土地分类与地表温度的相关性,对土地利用分类图与地表温度反演图进行叠置分析。发现极高温区域中泰山区主城区面积明显小于分类图中的城区面积,即城区边缘温度要比城区中心温度低。极高温区中的裸土部分,则主要是大面积裸土中离周围林地耕地较远的中心区域。

为了更明显地看出地表温度与不同土地利用类型的关系,选取 5 种土地利用类型的典型并具有代表性样本区域,分别是泰山区主城区、东平湖、泰山、南部耕地和东部裸地。在样本区域建立 ROI,对其区域内温度均值进行计算,得到样本区域温度均值直方图,并记录极值与平均值。如表 2 所示。

表 2 样本区域温度均值、极值(℃)

样本区域	极小值/℃	极大值/℃	均值/℃
主城区	27.912 540	32.638 519	28.486 222
东平湖	15.552 679	17.422 886	16.896 762
林地	17.295 437	21.173 815	18.957 802
裸土	25.410 061	28.728 701	27.494 876
耕地	19.511 679	23.636 889	20.827 663

由表 2 可知,泰山区主城区的温度均值最高,为 28.486 222℃;东平湖温度均值最低,为

16.896 762℃;裸土的温度均值仅次于主城区,为 27.494 876;耕地的温度均值仅次于裸土温度,为 20.827 663℃;林地及草地的温度均值落高于东平湖水体温度,为 18.957 802℃。

分析泰安市土地利用类型分类图与泰安市地表温度反演图,并结合不同土地利用类型样本区域平均地表温度数据。可以发现,不同土地利用类型地表温度关系可表示为:居民地及工矿用地 > 裸土 > 耕地 > 林地及草地 > 水体。

不同土地利用类型造成地表温度不同,最明显的结果就是热岛效应,热岛效应会在城市中心产生低压漩涡,使人们日常生活及工业生产产生的硫氧化物、氮氧化物等有害气体在低压漩涡聚集,严重危害人们的健康。由本次研究可知,水体和林地两种土地利用类型表面温度较低,可以起到有效降低温度,进一步缓解热岛效应的效果。故在城区中进行人工公园、屋顶花园、绿化带的建设;在耕地较多的地区适当退耕还林,发展林业;可以避免地表温度进一步上升,对城市发展、居民健康生活起着不可忽视的作用。

4 结 语

在进行土地类型分类和地表温度反演后,又对两者的关系进行研究。研究得植被、水体表面温度均值能够较城区地表温度低 9.5 ~ 11.6℃。若在城区内部增加这两种土地利用类型的覆盖面积,可以达到有效降低地表温度的效果。如何对土地利用类型和地表温度两者关系进行深入研究或如何将两者关系应用于生态、气象、地质等领域的研究应得到重视与实施。

参考文献:

- [1] 李柏延,任志远,李瑞宗,等.西安市地表温度反演及城市热岛强度量化研究[J].资源科学,2014,36(12): 2631 - 2636.
- [2] 王丽春,焦黎,来风兵,等.基于遥感生态指数的新疆玛纳斯湖湿地生态变化评价[J].生态学报,2019(8):1 - 9.
- [3] Fensholt, Rasmus, Sandholt, Inge, Proud, Simon R, et al. Assessment of MODIS sun - sensor geometry variations effect on observed NDVI using MSG SEBIRI geostationary data[J] 2010,31(23):6163 - 6187.
- [4] 姜波,张俊,江勇.GNSS 气象学中关键参数的建模[J].江西测绘,2019(1):13 - 16.

(下转第 11 页)