

齐齐哈尔市蓝绿空间时空变化与城市热岛关系研究

朱琳

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2024年5月11日; 录用日期: 2024年7月2日; 发布日期: 2024年7月10日

摘要

随着城市化进程的快速推进, 城市空间的迅速扩张导致下垫面性质发生改变, 进而引发的城市热岛效应 (Urban Heat Island, UHI) 逐渐成为威胁城市生态环境和人类健康的主要因素之一。本研究以齐齐哈尔为研究对象, 对其蓝绿空间与热岛效应进行分析。结果如下: 1) 齐齐哈尔土地利用类型主要以绿色空间为主, 其次为不透水面空间, 而蓝色空间面积较小; 2) 从2012年到2021年, 齐齐哈尔的地表温度高值区经历了由扩散到聚集再到增强的变化过程, 总体呈增长趋势; 3) 地理探测器结果表明, NDVI和MNDWI两者及其相互作用均能很好地影响齐齐哈尔的地表温度。

关键词

蓝绿空间, 地表温度, 城市热岛效应

Study on the Spatio-Temporal Changes of Blue-Green Space and Its Relationship with Urban Heat Island in Qiqihar City

Lin Zhu

College of Geographical Science, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: May 11th, 2024; accepted: Jul. 2nd, 2024; published: Jul. 10th, 2024

Abstract

With the rapid progress of urbanization, the rapid expansion of urban space has led to changes in

the nature of the underlying surface, which in turn has caused the Urban Heat Island (UHI) effect to gradually become one of the main factors threatening the urban ecological environment and human health. This study takes Qiqihar as the research object and analyzes its blue-green space and heat island effect. The results are as follows: 1) The land use types in Qiqihar are mainly green space, followed by impervious surface space, while the blue space area is relatively small; 2) From 2012 to 2021, the high-value areas of surface temperature in Qiqihar underwent a process of diffusion, aggregation, and enhancement, showing an overall increasing trend; 3) The results of the geographical detector indicate that both NDVI and MNDWI, as well as their interaction, can significantly affect the surface temperature in Qiqihar.

Keywords

Blue-Green Space, Surface Temperature, Urban Heat Island Effect

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在经济快速发展的背景下，中国的城市化进程逐步加快，城市逐渐成为人们生产生活的主要地区，城市热岛效应也随之而来[1]。城市热岛是指城市的快速发展导致了城市景观格局的演变，地表覆被类型城市热岛效应的显著增加导致城市的生活环境变得更加严峻，尤其夏季城市的温度比其他地区的温度更高，打破了自然状态下地表与大气之间的热量交换[2]。

蓝绿空间包括河流、湖泊、水库等水体和公园、花园、草地和森林等绿地，具有显著调节城市微气候的重要生态功能。城市蓝绿景观系统可以减缓热岛效应，是碳减排间接作用的重要途径[3]。本文通过分析 2012~2021 年齐齐哈尔蓝绿空间类型的相对地表温度，基于地理探测器对各驱动因子与地表温度进行因子探测与交互探测，对蓝绿空间与热岛效应的关系进行分析。

2. 研究区概况与方法

2.1. 研究区概况

齐齐哈尔高程图见图 1，齐齐哈尔市位于中国东北地区，地处松嫩平原，总面积达到 42,469 平方千米。这座城市聚集了汉、满、蒙古、朝鲜等多个民族，总人口为 516.5 万人。齐齐哈尔市拥有丰富的自然资源，其土地肥沃，适合农业发展。在社会经济方面，齐齐哈尔市是国务院批复确定的中国重要的工业基地和商品粮基地，也是黑龙江西部中心城市[4]。近年来，该市的经济持续增长，2023 年实现了地区生产总值 1327.6 亿元，比上年增长 1.6%。其中，第一产业、第二产业和第三产业均有所增长，显示出多元化的经济发展趋势，此外，齐齐哈尔市还拥有丰富的文化遗产和自然景观，如扎龙自然保护区等，为城市的发展注入了独特的文化内涵和生态价值[5]。

2.2. 数据来源与处理

本文所需数据由 GIS 平台进行处理，所用数据来源简要说明见表 1。

2.3. 研究内容及方法

本文以齐齐哈尔市为研究对象，基于环境学、景观生态学及可持续发展等理论，依托于 ArcGIS、ENVI

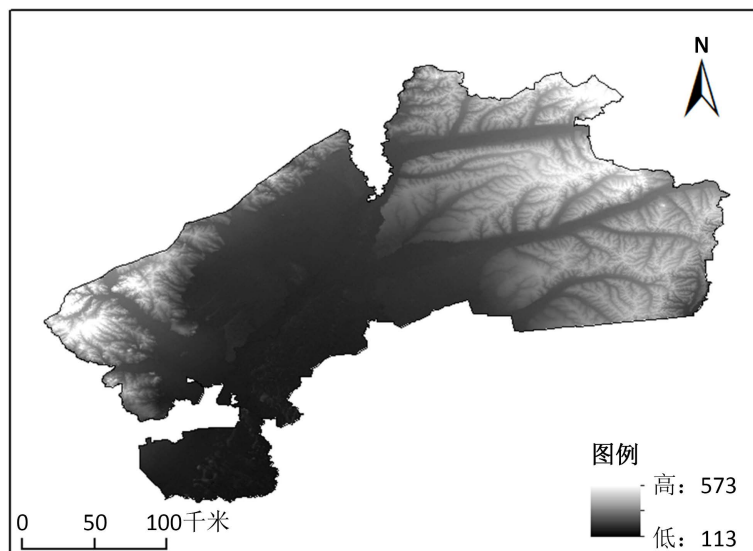


Figure 1. Elevation map of Qiqihar
图 1. 齐齐哈尔高程图

Table 1. Data source
表 1. 数据来源

数据类型	数据来源
DEM (90 m)	地理空间数据云
MODISMYD021KM	EarthExplore
NDVI (1 km)	美国国家航空航天局
土地利用数据(30 m)	Zenodo
LST (1 km)	国家地球系统科学数据中心

等平台, 利用 MODIS 地表温度产品数据、NDVI 等数据, 研究齐齐哈尔市蓝绿空间格局时空演化过程中的热岛效应变化, 并针对齐齐哈尔市热岛效应提出相应的管理对策。

2.3.1. 蓝绿空间构建

土地利用数据集采用武汉大学的杨杰和黄昕教授在 GEE 上制作了第一个源自 Landsat 的中国年度土地覆盖数据集(CLDC), 其精度、数据整体质量良好。土地利用类型共 9 类, 分别为农田、森林、灌木、草原、水域、冰雪、裸地、不透水面和湿地[6]。根据分类基础, 利用 ArcGIS 平台将农田、森林、灌木、草地合并为绿色空间, 将湿地、水体合并为蓝色空间。由于裸地和某些不透水下垫面(如水泥)在夏半年日最高地表温度差异不显著, 故将不透水表面和裸地合并为不透水下垫面空间。

2.3.2. MNDWI 水体指数

由于水体在近、中红外波段极高的吸收率以及微波波段极低的发射率, 所以利用红外波段对水体提取, 具体公式如下[7]:

$$\text{MNDWI} = (\text{Green} - \text{MIR}) / (\text{Green} + \text{MIR}) \quad (1)$$

2.3.3. 地理探测器

地理探测器是探测空间分异性、揭示其驱动因素的一组统计学方法, 能够探测单一驱动因子以及两

驱动因子的交互作用对因变量空间分异性的影响，并检验其统计显著性[8]。本文运用地理探测器交互作用探测，探究 NDVI、MNDWI 两因子的相互作用对地表温度的影响。

1) 分异及因子探测：探测因变量 Y 的空间分异性以及探测某一因子 X 对因变量 Y 空间分异的解释程度，用 q 表示。公式为：

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} \quad (2)$$

2) 交互作用探测：通过计算某两个不同因子 X1 和 X2 对因变量 Y 解释力 $q(X1)$ 和 $q(X2)$ 、交互作用时对 Y 的解释力 $q(X1 \cap X2)$ ，并比较 $q(X1 \cap X2)$ 、 $q(X1)$ 、 $q(X2)$ 、 $\min(q(X1), q(X2))$ 和 $\max(q(X1), q(X2))$ 的大小，探测 X1 和 X2 的交互作用对因变量 Y 空间分异的解释力是否减弱或者增强[9]。影响因子的交互作用类型见表 2。

Table 2. Type of interaction of influencing factors
表 2. 影响因子的交互作用类型

判断依据	交互作用
$q(X1 \cap X2) < \min(q(X1), q(X2))$	非线性减弱
$\min(q(X1), q(X2)) < q(X1 \cap X2) < \max(q(X1), q(X2))$	单因子非线性减弱
$q(X1 \cap X2) > \max(q(X1), q(X2))$	双因子增强
$q(X1 \cap X2) = q(X1) + q(X2)$	独立
$q(X1 \cap X2) > q(X1) + q(X2)$	非线性增强

3. 结果与分析

3.1. 城市蓝绿景观格局变化分析

通过 2012 年、2015 年、2018 年 2021 年的土地利用数据，构建出齐齐哈尔市的蓝绿空间格局，结果见表 3。如表 3 所示，齐齐哈尔土地利用类型主要以绿色空间为主，其次为不透水面空间，而蓝色空间不足总面积的 2%。随着齐齐哈尔的发展，不同的空间类型呈现出各自独特的变化趋势。

Table 3. Spatio-temporal changes in the spatial pattern of Qiqihar
表 3. 齐齐哈尔市空间格局时空变化

年份	绿色空间	蓝色空间	不透水面空间
2012	93.75%	1.56%	4.68%
2015	93.39%	1.61%	5.00%
2018	93.19%	1.55%	5.26%
2021	92.33%	1.67%	6.00%

齐齐哈尔市 2012 年、2015 年、2018 年、2021 年蓝绿空间格局图可见图 2。如图 2 所示，在研究期间内，不透水面空间的持续增长和绿色空间的轻微缩减，共同揭示了齐齐哈尔的城市化进程仍在快速推进中。具体而言，过去十年中不透水面空间的占比持续增加，从 2012 年占比 4.68% 至 2021 年占比 6%。这一显著的增长证明了齐齐哈尔的迅速发展，更凸显了其城市化水平的持续提升。与此同时，虽然绿色空间的面积减少了 1.42%。另一方面，蓝色空间面积呈现波动上升，这一变化不仅彰显了生态政策在平

衡城市化步伐与改善城市风貌方面的积极作用，更意味着未来城市发展中，生态保护与可持续发展将成为不可忽视的重要考量。

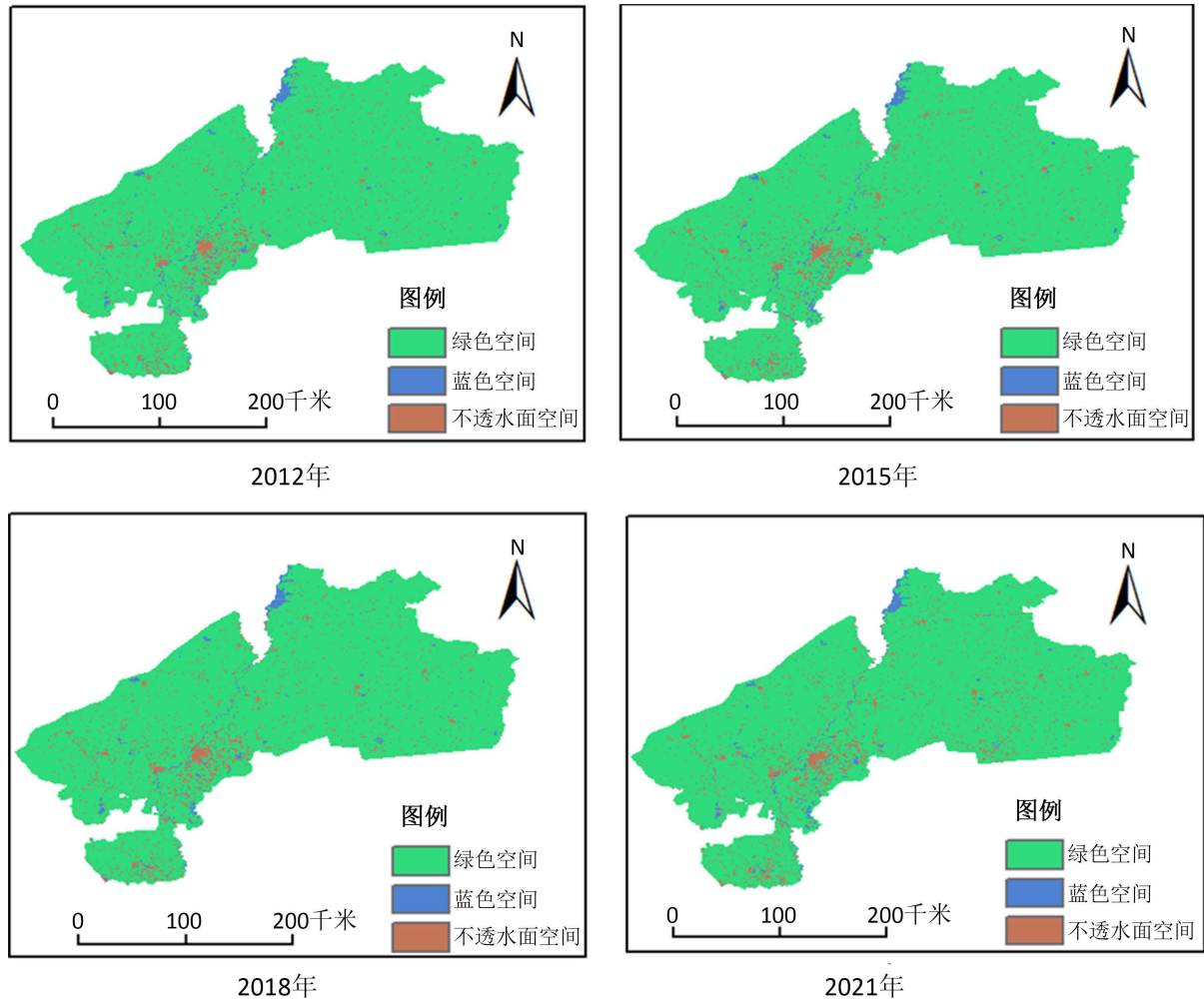


Figure 2. Spatial distribution maps of Qiqihar in different periods from 2012 to 2021
图 2. 齐齐哈尔市 2012~2021 年不同时期空间分布图

3.2. 城市地表温度分析

2012~2021 年齐齐哈尔地表温度可见图 3。由图 3 可知，地表温度的统计结果表明，齐齐哈尔市温度整体呈现增长趋势。具体而言，2012 年地表温度高值区主要分布在西南部；2015 年研究区高温趋势向北部、东北部逐渐扩散，并在北部地区逐渐增强；从 2018 年开始，齐齐哈尔市地表温度最高值虽有所上升，但热分布区域减小，主要集中于西南部地区；2021 年研究区最高温度和最低温度均有所上升，高温地区主要集中于西南部地区。总体来看，从 2012 年到 2021 年，齐齐哈尔的地表温度高值区经历了由扩散到聚集再到增强的变化过程，热岛效应体现明显。

3.3. 齐齐哈尔市蓝绿空间与地表温度分析

齐齐哈尔市因子探测结果见表 4。如表 4 所示，通过地理探测器分析、识别影响齐齐哈尔热环境空间分异的主要驱动因子，包括 NDVI 和 MNDWI。分析结果显示，虽然 MNDWI 的影响因子略有下降，

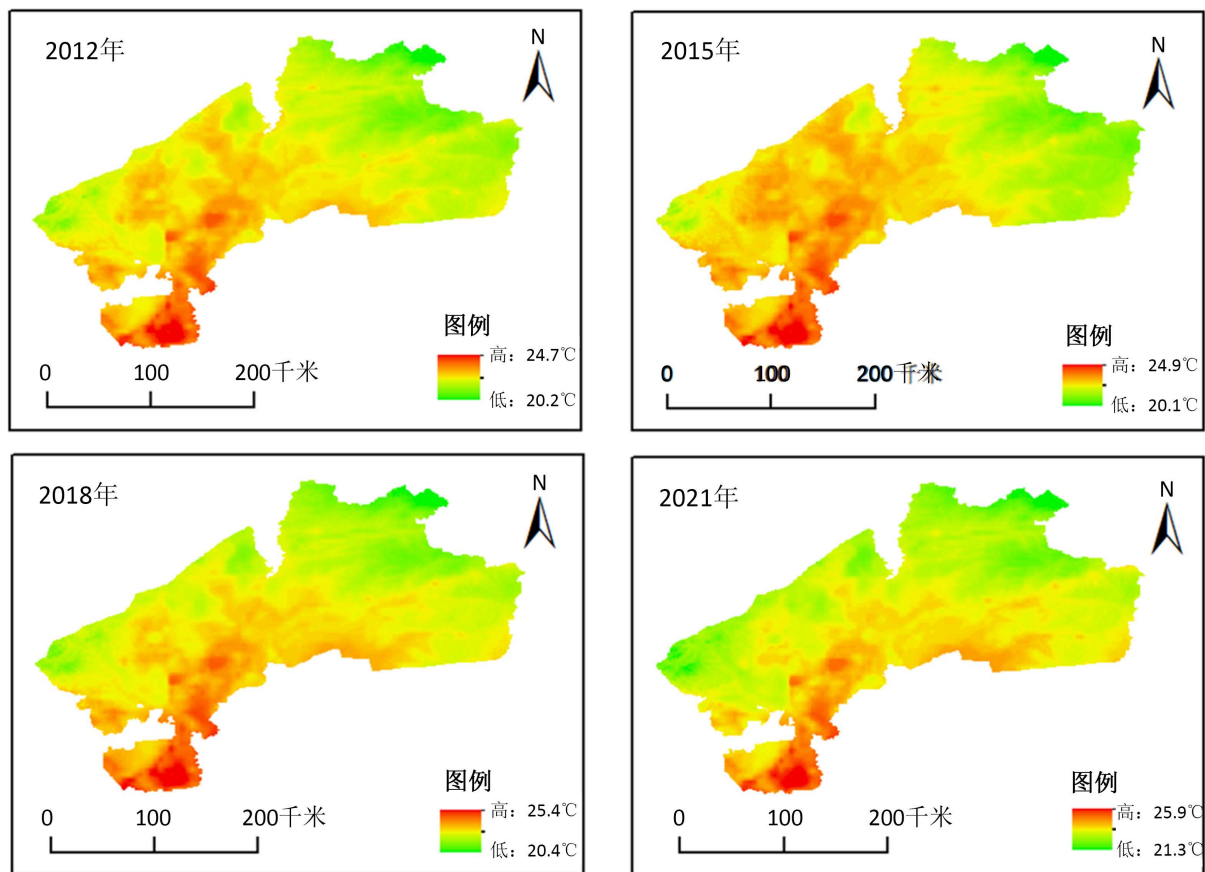


Figure 3. Surface temperature maps of Qiqihar
图 3. 齐齐哈尔市地表温度图

但 MNDWI、NDVI 均对齐齐哈尔市地表温度具有一定的解释力, 表明研究区内 2012~2021 年间齐齐哈尔蓝色空间、绿色空间均能在一定情况下对地表温度产生显著影响。且 $NDVI \cap MNDWI$ 均大于 0.5, 说明 NDVI 和 MNDWI 间相互作用对地表温度解释力较高, 表明绿色空间和蓝色空间相互作用也能很好地影响齐齐哈尔的地表温度。

Table 4. Factor detection results in LST of Qiqihar
表 4. 齐齐哈尔市 LST 因子探测结果

	2012 年	2015 年	2018 年
MNDWI	0.50	0.47	0.43
NDVI	0.42	0.46	0.46
$NDVI \cap MNDWI$	0.56	0.59	0.60

4. 结论

本研究以齐齐哈尔市为研究对象, 深入探讨了蓝绿空间与城市热岛效应的关系。研究发现, 随着城市化的快速推进, 绿色空间略有减少, 不透水面增加, 导致地表温度整体上升, 热岛效应显著。地理探测器结果分析显示, 绿色空间和蓝色空间对地表温度有显著影响, 且二者之间相互作用也能影响地表温度分异, 凸显了城市生态的整体性和关联性。因此, 合理规划蓝绿空间对缓解热岛效应至关重要。综上

所述, 本研究为城市规划提供了科学依据, 指出通过优化蓝绿空间布局, 可以有效缓解城市热岛效应, 提升城市生态环境质量。

参考文献

- [1] 解安, 林进龙. 中国农村人口发展态势研究: 2020-2050 年——基于城镇化水平的不同情景模拟分析[J]. 中国农村观察, 2023(3): 61-86.
- [2] 王月香, 陈婉婷, 朱瑜馨, 等. 基于遥感的南京市城市扩张方向和类型的热效应[J]. 自然资源遥感, 2023, 35(4): 130-138.
- [3] 邹伟. 杭州市主城区蓝绿空间冷岛效应及优化策略研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江农林大学, 2023: 8-11.
- [4] 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.
- [5] 陈晓红, 周宏浩, 王秀. 基于生态文明的县域环境-经济-社会耦合脆弱性与协调性研究——以黑龙江省齐齐哈尔市为例[J]. 人文地理, 2018, 33(1): 94-101.
- [6] Yang, J. and Huang, X. (2021) The 30 m Annual Land Cover Dataset and Its Dynamics in China from 1990 to 2019. *Earth System Science Data*, **13**, 3907-3925. <https://doi.org/10.5194/essd-13-3907-2021>
- [7] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报, 2005, 9(5): 589-595.
- [8] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [9] 阴瑜鑫, 张华, 安慧敏, 等. 基于 GEE 的长江经济带城市群热岛特征及影响因素[J]. 生态学杂志, 2023, 42(1): 160-169.