

基于遥感影像的哈尔滨市区绿地变化分析

王雪瞳¹, 孙丹丹¹, 朱长路¹, 刘沐筱²

¹哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

²云南大学地球科学学院, 云南 昆明

收稿日期: 2024年9月13日; 录用日期: 2024年10月30日; 发布日期: 2024年11月6日

摘要

城市绿地是指城市专门用以改善生态、保护环境, 为居民提供游憩场地和美化景观的绿化用地。随着人类社会的高度发展, 现有的城市土地资源已经无法满足人类为了追求更好的、更优越的生活条件所提出的要求, 因此原有的生态平衡遭到了破坏, 人类生活环境和可持续发展能力受到严重的影响。绿地作为城市的生命线, 在城市的格局中起到了至关重要的作用。本文利用遥感影像研究哈尔滨市区绿地的空间格局及1988至2022年间的变化, 以期对34年的绿化建设进行评价。利用1988、2022年Landsat影像, 基于最大似然法提取的植被盖度信息, 分析了34年间的绿地的变化及其影响因素。通过对哈尔滨市区绿地的遥感影像进行分析, 不仅可以更好地了解哈尔滨绿地规划的利弊, 更有利于为城市绿地的规划建设提供基础资料, 在以后的规划方面用于参考, 也有利于环境协调, 为保护环境尽一份力。

关键词

遥感影像, 哈尔滨市, 绿地, 变化

Analysis of Urban Green Space Change in Harbin Based on Remote Sensing Image

Xuetong Wang¹, Dandan Sun¹, Changlu Zhu¹, Muxiao Liu²

¹College of Geographical Science, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

²School of Earth Sciences, Yunnan University, Kunming Yunnan

Received: Sep. 13th, 2024; accepted: Oct. 30th, 2024; published: Nov. 6th, 2024

Abstract

Urban green space refers to the green land specially used to improve the ecology, protect the environment, and provide recreational sites and beautify the landscape for residents. With the high development of human society, the existing urban land resources have been unable to meet the

文章引用: 王雪瞳, 孙丹丹, 朱长路, 刘沐筱. 基于遥感影像的哈尔滨市区绿地变化分析[J]. 自然科学, 2024, 12(6): 1206-1213. DOI: 10.12677/ojns.2024.126131

requirements of human beings in pursuit of better and better living conditions, so the original ecological balance has been destroyed, and the human living environment and sustainable development ability have been seriously affected. As the lifeline of the city, green space plays an important role in the pattern of the city. This paper used remote sensing images to study the spatial pattern of urban green space in Harbin and the changes between 1988 and 2022, in order to evaluate the green construction in 34 years. Using Landsat TM images of 1988 and 2022, based on the vegetation coverage information extracted by the maximum likelihood method, the change of green space and its influencing factors in 34 years were analyzed. By analyzing the remote sensing image of urban green space in Harbin, we can not only better understand the advantages and disadvantages of Harbin green space planning, but also provide basic information for the planning and construction of urban green space, which can be used for reference in future planning, as well as for environmental coordination and protection.

Keywords

Remote Sensing Images, Harbin, Green Space, Change

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

21世纪以来，随着城市化和工业化的不断发展，“温室效应”日益加重，它关系到人类的生存和发展，是人类社会面临的最大挑战之一。据IPCC报告预测，21世纪全球的平均气温将以 $0.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的速度增加，高纬度和高海拔地区增温的幅度可能更大[1]。为有效地改善“温室效应”问题，我们急需进行保护环境。保护环境一方面应通过有效措施减少对现在环境的破坏，另一方面需要在城市建设过程中加强对绿化的重视。绿地对城市来说除了改善生态环境的功能，还具有景观功能和文教游憩等功能，这是城市建设中不可或缺的方式之一。城市绿地是城市生态系统中一个必不可少的系统，在城市的建设中也是最主要的因素之一[2]，城市绿地对城市实现可持续发展和市民接触自然有着不可或缺的作用，它具有极大的生态效益和环境效益，同时还发挥着相当程度的经济效益[3]。哈尔滨作为北方重工业的中心，再加上冬季取暖，雾霾已经成为了哈尔滨人的一大心病，探究绿地变化，可以对哈尔滨的雾霾治理起到一定的作用，有利于环境保护，对于可持续发展具有重要意义。

随着人们对全球环境的逐渐重视，土地利用越来越被人们所关心，国内外学者对绿地的研究越来越多，如郭添等人研究发现城市绿化主要发生在北美和欧洲，而东南亚、非洲和南美洲的大部分城市植被正逐渐减少[4]；Huang X等人研究发现亚洲和非洲的发展中国家城市建成区面积增长率最高[5]；Mahtta R等人探究表明由于地理和政治背景的差异，使得城市景观格局的影响因素存在明显的空间异质性[6]。以上均是针对大区域尺度绿地研究很少有针对小区域进行系统分析城市绿地变化及其影响因素，本文基于遥感影像对哈尔滨市城区绿地变化进行研究，从而得出1988年到2022年绿地变化数据，为哈尔滨城市绿地的规划建设提供基础资料用于参考，提高人们生活幸福感。

2. 研究区概况

2.1. 研究区概况

哈尔滨市处在我国东北平原，黑龙江省南部，地处东北亚中心区域，是一条重要枢纽，位于东经

125°42'~130°10'、北纬 44°04'~46°40'之间。作为黑龙江省行政中心在城市绿化方面近年来逐渐加强，通过现有遥感影像可以看出哈尔滨大片绿地主要集中在松花江北岸，其余小块绿地分散分布于四环以内，周围乡镇绿地较少。现有绿地形态各不相同，面积较为混乱，存在一些问题，如绿地布局破碎化程度高、绿化结构失衡、绿地指标形式化严重、与一线城市仍存在较大差距。按照哈尔滨市城市总体规划，哈尔滨市园林绿化现已形成以沿江并且覆盖公园和居民区的总体框架。研究区概况图如图 1 所示：

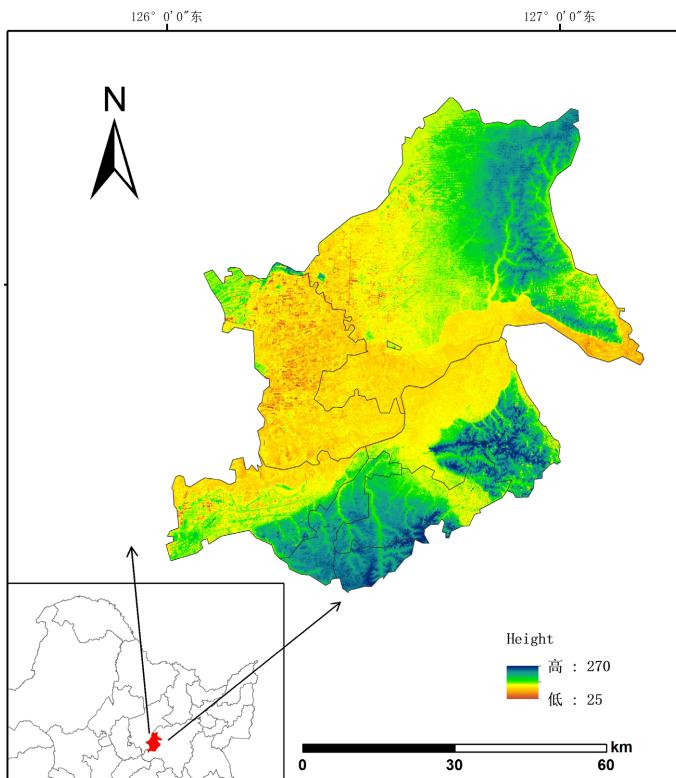


Figure 1. Overview map of the study area
图 1. 研究区概况图

2.2. 数据预处理

由于遥感系统本身的限制，很难精确地记录图像上复杂地表的信息，因此误差就会在数据获取的过程中产生，并且降低了数据的质量，从而影响了利用图像进行分析的精确度。所以遥感原始影像的预处理是在图像分析和处理之前需要进行的关键步骤，通过预处理，影像数据更有利于分析与统计。遥感图像预处理又被称作图像纠正和重建，包括几何校正、大气校正和辐射校正等。目的是纠正原始图像中产生的误差，以得到一个尽可能真实的图像。在应用遥感技术进行各种研究中，当研究内容和数据不同时，需预处理内容相应也会有不同。几何校正指通过一系列的数学模型来改正和消除遥感影像成像时因摄影材料变形、物镜畸变、大气折光、地球曲率、地球自转、地形起伏等因素导致的误差。大气校正指对传感器测得的包含大气吸收尤其是散射作用造成的辐射量误差的矫正。在本文中，使用 ENVI 5.1 对 Landsat 1988 年和 2022 年的系列影像进行几何校正、大气校正、辐射定标等预处理操作。

3. 基于遥感图像的绿地信息的提取

对研究区域的遥感影像进行完数据预处理之后，我们就可以对研究区的遥感影像进行分类。通过对

遥感影像像元所反映的光谱特征和空间信息进行分析，将影像中的每一个像元按照一定的数学法则划分为不同的类别，以实现遥感影像的分类[7]。

3.1. 土地利用信息提取

监督分类又称训练场地法、训练分类法，是以建立统计识别函数为理论基础、依据典型样本训练方法进行分类的技术，要求训练区域具有典型性和代表性。图像信息提取的主要手段就是进行图像的分类。监督分类又分为最大似然法、最小距离法、平行算法等，不同的方法有不同的优缺点，适用于不同的研究，本文采用的是最大似然法。最大似然法(MLC)是遥感影像分类最常用的方法之一，它具有清晰的参数解译能力，易于与先验知识融合和算法简单而易于实施等优点。最大似然分类法的方法原理是：分类前，通过目视解译和实地调查，对遥感影像某些采样区域的阴影图像和地物的类别属性有先验知识，为每个类别选择一定数量的训练样本，计算每个训练样本区域的统计或其他信息，并用这些种子类别训练决策函数，使其符合每个种子类别的分类，然后使用训练的决策函数对其他要分类的数据进行分类。该方法采用错分概率或风险最小为准则的判别规则。本文将哈尔滨市区遥感影像分为林地、水体、建设用地、耕地、草地、未利用地六种土地利用类型。

3.2. 分类后处理

由于光谱信息中的同物异谱和同谱异物现象的存在，导致图像分类精度会有所下降，以及分类图像出现很多小的图斑等现象。这些现象在卫星影像数据中总是占有一定的比例，因此，这些现象的存在会对分类图像的统计和使用产生影响。鉴于此，为了更满足制图要求，需要进行空间滤波等一系列的分类后处理，使得处理后的输出图上，地物更容易进行判读，最终分类结果图如图 2 所示：

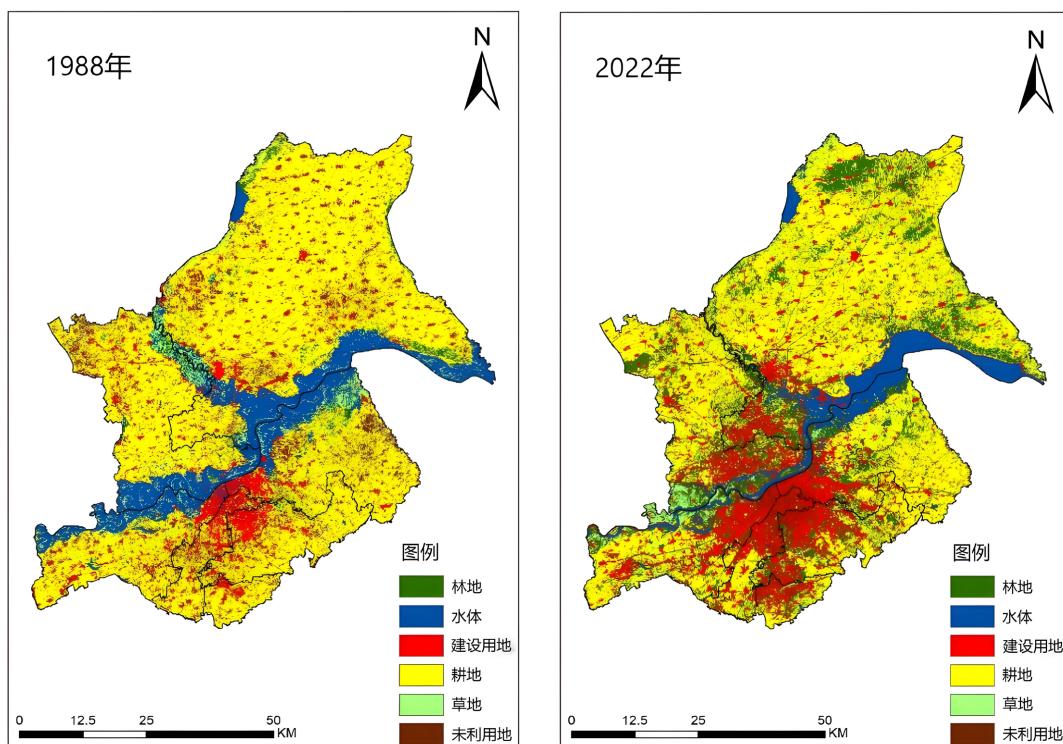


Figure 2. Land use type map of Harbin urban area in 1988 and 2022

图 2. 1988 年和 2022 年哈尔滨城区土地利用类型图

3.3. 分类精度评价

哈尔滨市区遥感影像分类结果精度评价是监督分类过程中的重要过程，该分类精度越高，分类结果的可信度也就越高。kappa系数是一种衡量分类精度的指标，它不随样本大小变化而变化。它是通过把所有地表真实分类中的像元总数(N)乘以混淆矩阵对角线(Xkk)的和，再减去某一类地表真实像元总数与该类中被分类像元总数之积对所有类别求和的结果，再除以总像元数的平方减去某一类地表真实像元总数与该类中被分类像元总数之积对所有类别求和的结果所得到的[8]。总体分类精度等于被正确分类的像元总数除以总像元数。被正确分类的像元数一般是沿着混淆矩阵的对角线分布，总像元数等于所有真实参考源的像元总数。本研究中1988年和2022年Kappa系数分别为0.97和0.95，分类精度分别为94.04%和93.69%。

4. 哈尔滨市市区绿地变化分析

对哈尔滨市区绿地进行分析，统计哈尔滨市区1988年至2022年各地物面积变化情况，见表1：

Table 1. Statistical table of changes in the area of land features in Harbin urban area

表1. 哈尔滨市区地物面积变化统计表

土地利用类型	1988年		2017年	
	面积(km ²)	占比(%)	面积(km ²)	占比(%)
林地	122.4	2.6	966.7	20.7
水体	618.7	13.3	338.1	7.2
建设用地	321.7	6.9	706.2	15.1
耕地	2960.6	63.4	2310.5	49.5
草地	167.9	3.6	146.5	3.2
未利用地	478.1	10.2	201.2	4.3

1988年，哈尔滨市区耕地面积2960.6 km²，占总面积63.4%，为哈尔滨市区占地面积最大的土地利用类型；水体面积618.7 km²，占总面积13.3%，为第二大土地利用类型；未利用地面积478.1 km²，占总面积10.2%，为第三大土地利用类型；建设用地面积321.7 km²，占总面积6.9%，为第四大土地利用类型；草地面积167.9 km²，占总面积3.6%，为第五大土地利用类型；而林地面积122.4 km²，占总面积2.6%，是最少的土地利用类型。

在2022年，哈尔滨市区耕地面积2310.5 km²，占总面积49.5%，依旧为哈尔滨市区占地面积最大的土地利用类型；而林地面积966.7 km²，占总面积20.7%，为第二大土地利用类型；建设用地面积706.2 km²，占总面积15.1%，为第三大土地利用类型；水体面积338.1 km²，占总面积7.2%，为第四大土地利用类型；未利用地面积201.2 km²，占总面积4.3%，为第五大土地利用类型；草地面积146.5 km²，占总面积3.2%，成为了最少的土地利用类型。

通过以上数据可以得出，哈尔滨市区在34年间土地利用类型发生了很大变化。首先，最少的林地面积从1988年的122.4 km²，占总面积2.6%变成了2022年的966.7 km²，占总面积20.7%，一跃成为哈尔滨市区第二大土地利用类型，同时，建设用地的面积也增加了。其次，水体、耕地、未利用地的面积都有不同程度的减少，占比也发生了变化，但耕地还是哈尔滨市区最主要的土地利用类型。最后，草地的面积并无明显变化。

根据表 1, 我们可以得到哈尔滨市区 1988 年至 2022 年土地利用类型面积的变化量, 做进一步分析, 结果见表 2:

Table 2. Statistical table of change of land feature area in Harbin urban area
表 2. 哈尔滨市区地物面积变化量统计表

土地利用类型	面积变化量(km^2)	占比(%)
林地	844.3	18.1
水体	-280.6	-6.1
建设用地	384.5	8.2
耕地	-650.1	-13.9
草地	-21.4	0.4
未利用地	-276.9	-5.9

根据以上数据以及图 2 可以得出绿地(林地和草地)的增加与其它几种类型的土地的变化息息相关。绿地增加的部分大多来源于耕地, 建设用地增加的部分也大多来源于耕地, 并且可以清楚地看见增加的绿地总是与增加的建设用地连在一起, 这就不难得出, 绿地的增加总是伴随着城市的建设。同时, 增加的绿地和建设用地还有一小部分来源于减少的未利用地, 这就可以得出, 土地的利用率更高了, 规划更加完善。最后水体减少的部分, 变为了绿地, 这说明对河流、河道进行了改造, 让整个生态系统更加和谐。总的来说, 哈尔滨市区在 34 年间绿地呈现出快速发展的态势, 同时, 水体、耕地、未利用地的减少以及建设用地的增加, 说明哈尔滨市区的建设同时也呈现出快速发展的态势。

5. 哈尔滨市区绿地变化因素

通过哈尔滨市区遥感影像的分析, 我们可以得到 1988 年至 2022 年该研究区绿地面积变化的数据。随着城市化的快速推进, 人口、经济、政策等人为因素是影响哈尔滨市区绿地变化的最主要因素, 同时也有自然因素[9]。

5.1. 自然因素

哈尔滨市地势平坦, 中部有松花江通过, 平原辽阔, 附近县(市)多山地和丘陵地。哈尔滨市区主要分布在松花江附近, 这里土质肥沃, 是重要的农业区。大部分土地易耕性较好, 但有一部分草甸地易耕性较差, 宜发展草场和、林场。沿松花江畔, 哈尔滨市区的范围不断扩大, 绿地的面积也随着哈尔滨市区建筑用地的增加而增加, 同时松花江上的岛屿绿地也同时在增加。

5.2. 人口和经济增长

从 1988 年到 2022 年, 哈尔滨城市化速度较快, 人口从 862.72 万人增长到了 982.4 万人, 地区生产总值增长呈几何倍数, 从 75.29 亿元增长到了 6355.0 亿元。可以从表 2 的数据中看出, 耕地面积与人口、地区生产总值的增加正好相反, 不断减少, 保持着负相关关系; 建筑面积不断增加, 保持着正相关关系。由此可见, 人口的增长与经济的快速发展, 导致了哈尔滨市区建筑用地的大幅增加以及耕地的大幅度减少。绿地面积也大幅增加, 但在城市化的过程中, 城市绿地面积的增加也伴随着城市绿地不断被其它用地侵割, 趋于碎片化[10]。

5.3. 政策因素

政策是影响哈尔滨市区绿地变化的另一个重要因素。2002年国务院确定全面启动退耕还林工程。在研究区，很大部分的耕地建设成为了林地，耕地面积从1988年的 2960.6 km^2 ，占总面积63.4%减少到了 2310.5 km^2 ，占总面积49.5%。同时，近年来国家出于对生态的建设的重视，出台了一系列的政策，以改善生态环境、提高人民生活质量，从而达到可持续发展，在科学技术的引导下，使生态环境建设和经济发展相结合，从而达到促进生态环境与经济、社会发展相协调的目的。

6. 结论

本研究是以哈尔滨市区1988年和2022年的遥感影像以及其他资料为数据来源，对哈尔滨市区34年的绿地变化进行了对比，通过最大似然法进行了监督分类并处理，再使用ArcGIS 10.2输出了1988年和2022年哈尔滨市区土地利用类型图，最后使用统计学的方法对相关数据进行统计。本文通过分析得出哈尔滨市区绿化率近年来处于较高水平，在2022年为 1113.2 km^2 ，占23.9%。耕地、水体以及未利用地呈减少的趋势，建设用地呈增加的趋势。

其影响因素主要有三个方面，在自然因素方面，哈尔滨地域平坦，自然条件良好，并且部分耕地的利用并不理想，所以适宜发展绿地；在人口和经济增长方面，改革开放以来，全国的经济发展呈现出上升的态势，哈尔滨也不例外，从人口数的增加和哈尔滨地区生产总值可以看出这34年间哈尔滨的经济发展、社会发展极快，在快速发展的这些年，同时也没有忽视绿地的建设，随着人们经济实力提高，生活质量越来越好，人们更加重视自己的生活环境，人们对环境的重视程度也得到了提高，所以绿地的覆盖率逐年增高；在政策因素方面，哈尔滨作为农业大省，没有一味发展农业，在工商业、旅游业也取得了不错的成绩，国务院的退耕还林工程以及其他政策，成为了哈尔滨绿地在34年间发生翻天覆地变化的重要推动力。但是这期间绿地增量空间分布并不均匀，趋于碎片化、复杂化，这是因为哈尔滨市区在快速发展的几十年里，一定程度上忽略了绿地的重要性，这也是哈尔滨市区绿地发展的一大隐患。改革开放几十年来，工业化、城市化发展极快，但人们回首时，发现自己的生活环境已变成如今这样，环境污染，森林减少，水土流失，沙漠化，温室效应这些问题已经岌岌可危，绿地作为改善城市生态系统的重要性是不可替代的，它也能提高人们的生活幸福指数。因此，应该在工业化和城市化的发展中，着重提高各类绿地的绿化指标，建设城郊林、各区环状林地等，着力提高绿地的生态质量和水平。

在现代化的今天，每座城市都像是一个钢筋水泥的巨兽，哈尔滨也不例外。而绿地的建设，无疑会为哈尔滨的城市建设增添一份乐趣。公园、湿地是人们放假时游戏娱乐的好场所，绿地的建设能够提高人们的幸福感。

参考文献

- [1] Screen, J.A. and Simmonds, I. (2010) The Central Role of Diminishing Sea Ice in Recent Arctic Temperature Amplification. *Nature*, **464**, 1334-1337. <https://doi.org/10.1038/nature09051>
- [2] 王小葵, 李美艳, 葛朝民, 等. 基于多源数据的地表覆盖制图与分析: 以广东省广州市为例[J]. 山东国土资源, 2023, 39(5): 67-71.
- [3] 王浩. 城市生态园林绿地系统规划[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [4] 郭沫, 杜世宏, 孙皓铭, 丁超. 珠海市城区景观空间格局特征分析. 地球信息科学学报, 2013, 15(2): 307-313.
- [5] Huang, X., Huang, J.Y., Wen, D.W. and Li, J.Y. (2021) An Updated MODIS Global Urban Extent Product (MGUP) from 2001 to 2018 Based on an Automated Mapping Approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **95**, Article ID: 102255. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102255>
- [6] Mahtta, R., Fragkias, M., Güneralp, B., et al. (2022) Urban Land Expansion: The Role of Population and Economic Growth for 300+ Cities. *npj Urban Sustainability*, **2**, Article No. 5. <https://doi.org/10.1038/s42949-022-00048-y>

-
- [7] 邓书斌. ENVI 遥感图像处理方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014.
 - [8] 唐万, 胡俊, 张晖, 等. Kappa 系数: 一种衡量评估者间一致性的常用方法(英文) [J]. 上海精神医学(Shanghai Archives of Psychiatry), 2015(1): 62-67.
 - [9] 李江平, 许捍卫, 顾祖新. 基于 GIS 与 RS 的城市绿地动态变化及驱动力分析[J]. 地理空间信息, 2017, 15(8): 53-56.
 - [10] 张梦虹, 姜鹏, 赵丽, 等. 1980-2020 年济南市土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 山东国土资源, 2024, 40(2): 56-64.