

# 城市化进程对植被覆盖率的影响

## ——以辽宁省大连市为例

刘佳琦

辽宁师范大学地理科学学院, 辽宁 大连

收稿日期: 2025年5月20日; 录用日期: 2025年6月23日; 发布日期: 2025年6月30日

### 摘 要

当前社会城市化进程速度加快, 城市建设, 工业发展等大量占据城市土地面积, 导致城市地表覆盖物类型发生明显变化, 其中人造地表面积增加, 森林植被覆盖面积减小等问题尤为突出, 本文旨在通过对地表覆盖物变化的研究, 通过运用归一化植被指数像元二分模型, 对大连市植被覆盖率的时空演变以及各类地表覆盖物的变迁进行深入研究, 以探究大连市城市发展与植被覆盖率之间的相互关系。本文同时是在践行可持续发展理念的背景下进行研究, 力求研究城市化进程与植被覆盖率之间的关系, 对于探究人类与自然之间的协调发展, 以及寻求可持续发展的途径, 具有深远的意义。本文从两方面对大连市的城市化进程和植被覆盖率之间的关系进行分析, 分别是大连市地表覆盖物变化情况和大连市NDVI指数变化情况, 定量研究2010年至2020年之间的数据, 通过对比分析调查等方法分析出两者之间的关系, 探讨城市化过程中人类的生产生活对大连市的生态环境的影响。对城市化进程中如何保护生态系统具有重要理论意义, 也为在城市发展中生态环境得到更好保护和更合理的利用方式提供基础。

### 关键词

城市化, 归一化植被指数, 地表覆盖物, 植被覆盖率

# The Impact of Urbanization Process on Vegetation Coverage

## —A Case Study of Dalian City, Liaoning Province

Jiaqi Liu

College of Geographic Sciences, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

Received: May 20<sup>th</sup>, 2025; accepted: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2025; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2025

文章引用: 刘佳琦. 城市化进程对植被覆盖率的影响[J]. 地理科学研究, 2025, 14(3): 657-672.  
DOI: 10.12677/gser.2025.143064

## Abstract

At present, the speed of social urbanization is accelerating, urban construction, industrial development, etc. occupy a large number of urban land area, resulting in obvious changes in the type of urban surface cover, among which it is obvious to see the increase of artificial surface area, the decrease of forest vegetation cover area and other problems, and at the same time, through the research and analysis of the change of NDVI index in Dalian, the change of coverage area in Dalian can also be clearly seen. At the same time, this paper conducts research under the background of practicing the concept of sustainable development, and strives to study the relationship between urbanization process and vegetation coverage, which is of profound significance for exploring the harmonious development of man and nature and exploring sustainable development. This paper analyzes the relationship between urbanization process and vegetation coverage in Dalian from two aspects, namely the change of land cover in Dalian and the NDVI index of Dalian, quantitatively studies the data between 2010 and 2020, analyzes the relationship between the two through comparative analysis and survey. It has important theoretical significance for protecting ecosystems at the same time in the process of urbanization, and also provides a basis for better protection and more reasonable utilization of ecological exchanges in urban development.

## Keywords

Urbanization, Normalized Vegetation Index, Land Cover, Vegetation Cover

Copyright © 2025 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. 导论

在过去的几十年里,我国城市化的发展速度很快,尤其是在过去十多年间,我国的城市化进程基本保持了每年 30%以上的增长率,在城市化快速而持续的进程中,涌现出一系列难题,包括但不限于环境问题、城市社会问题、交通问题以及就业难题等。城市化可能会导致自然资源的过度消耗、空气和水污染、生物多样性的丧失等问题。因此,在城市规划和发展中,必须全面考虑减少对自然环境的负面影响,维护生态平衡,以创造更加宜居的城市环境为目标。在城市绿地中应用植物,不仅可以美化环境,而且还能够提高环境质量。因此,保护植被对于维护生态平衡和人类福祉至关重要。这些现象的出现,不仅是因为人类的资源需求,也与人类的经济活动方式有关。

本文从植被覆盖率变化的角度出发,基于 NDVI (归一化植被指数)像元二分模型方法计算植被覆盖率以及 LUCC (地表覆盖物类型)的变化来分析大连市 2010 年至 2020 年植被覆盖率的变化情况以及大连市土地城市化的进程。

该选题的意义在于,目前,中国的新型城市化的发展依然处于发展机遇期,城市在高速发展的过程中还面临着许多棘手的问题,快速的城市化发展同样伴生了一系列的城市环境问题,大大降低了城市的生态环境和人们的生活质量,导致城市及其周边地区的生态质量大打折扣。所以本文分析了城市发展对于生态环境的影响,可能同时存在正面和负面的作用。随着城市人口的不断增长和建设用地的不断扩张,生态用地的大量占用和植被覆盖的减少可能导致城市及周边地区的生态质量下降等生态问题的出现;与此同时,城市发展带来的社会、经济的发展,以及人们生态环境保护意识的提高,会促使在城市建设过

程中加强生态环境的保护,以及城市绿地等绿色基础设施的建设,从而提高城市及周边区域的生态环境质量。

## 2. 国内外文献综述

### 2.1. 城市化研究现状

城市快速扩张往往伴随对生态环境的破坏。城市扩张导致城市地表温度的不断升高,城市扩张会导致城市绿地减少,硬质铺地变多,大量城市景观取代自然景观,一方面进一步恶化了城市热岛效应,另一方面也打破了城市的水生态平衡。城市加速扩张还对生物多样性造成威胁,影响生态环境质量。同时,随着城市中人类活动的加强,对于自然生态系统开发建设强度和频率不断提高,自然景观格局被不断破坏,人造城市景观效果不丰富,不利于生态系统自身的平衡和长远发展。城市扩张对城市土地资源也产生较大影响。

对城市化发展变化来说,利用 LUCC (土地覆盖变化)对城市土地利用覆盖数据的监测可以很好地反映出城市的发展状况,我国对于地表覆盖物变化的研究开始于 20 世纪后期和 21 世纪初期,最初的研究方向主要针对研究地表覆盖物集中在大尺度范围内土地利用变化所带来的影响,而在 2000 年以后关于地表覆盖物的研究则更加倾向于变化驱动力和机制的影响、土地利用变化模型研究、具体事物的变化对于整体变化的影响、多源遥感数据结合等方向。

鉴于此,遥感技术在土地利用和土地覆被变化方面的应用已受到国内外学者的积极探索和实践,为我们提供了珍贵的技术和经验。同时先后有国内学者对西双版纳的多个地区进行城市扩张强度分析、梯度方向分析和景观指标分析,研究表明该地区经历了剧烈的城市扩张和土地利用变化,稻田和自然土地利用类型转变为建成区,其他土地利用类型破碎化程度加剧;部分学者利用随机森林模型结合马尔可夫模型来预测上海的城市扩张现象,在两种截然不同的场景下模拟 2015 年至 2030 年上海城市空间的演变,结果表明,影响城市发展的重要因素是人口、GDP 和到地铁的距离。姜等人利用遥感影像对城市土地扩张及其生态环境效应进行研究[1]。

### 2.2. 植被覆盖率遥感研究现状

植被指数(NDVI, Normalized Difference Vegetation Index)可以精准地将地球表面上的各区域的植被覆盖情况反应出来。目前,基于 LANDSAT 以及 MODIS 等卫星遥感影像而得到的 NDVI 时序数据已经在各尺度区域的植被变化的动态监测、土地地表覆盖物的变化、植被覆盖度分类和地区净初级生产力估算等研究中得到了大量的应用。

衡量一个国家或地区森林面积占有情况、森林资源丰富程度和绿化程度的重要指标,即森林覆盖率,不仅是制定森林经营和开发利用方针的重要依据之一,更是衡量该地区生态环境质量的重要指标。目前,学者在研究植被动态变化趋势时,主要的研究核心和手段是:分析 NDVI(归一化差值植被指数,用于生成显示植被量的影像)对气温、降水变化的响应程度和滞后性。人们可以利用不同研究区和气象因子之间相关差异,得出研究区域的结论和建议。学者们广泛研究了 NDVI 与气象因素之间的相关性,并得出结论:气温和降水是对植被覆盖产生重要影响的因素。

关于植被覆盖率的国内研究状况,张薇等人在归一化植被指数的基础上分析植被覆盖率[2]的变化特征,宋鑫等人对大连市河岸带的植被覆盖度进行了检测研究[3],李晓兵等[4]人在 NDVI 数据和气象数据的基础上,对中国北方 1983 年至 1992 年的几种典型植被类型 NDVI 与降水的年度和季节关系进行了分析,同时探讨了该地区植被覆盖度与降水之间的关联。利用这些资料计算出相应年份的植被覆盖指数并对其进行分类,进而讨论不同地区的植被覆盖度变化情况及干旱化趋势。据所得数据显示:在一定范围

内研究区域中, 植被的生长情况会在一定程度上受不同降水量的影响; 我国北方植被的生长受到降水季中节分配变化的显著影响[5]。

随着遥感技术的迅猛发展, 时空大尺度植被覆盖度的遥感测量已成为主流, 国内众多学者采用像元二分模型法对该领域进行了多尺度研究, 其中刘玉安等人[6]采用归一化植被指数像元二分模型法结合实测数据, 对淮河上游流域进行了植被覆盖度的估算, 该模型的指数与实地测量数据相关性高达 0.818。该方法可作为一种快速有效、精度较高的遥感估测方法应用于我国植被覆盖空间分布监测领域中。为了深入探究植被覆盖度的时空变化机理, 我们进行了大量的研究工作, 重点关注了植被覆盖变化与其相关影响因子之间的关系。阿多等在研究华北平原植被覆盖度与气候因子之间的关系时, 发现月尺度的相关性显著高于年尺度[7], 这一发现为我们深入探究该地区的气候特征提供了重要的参考依据; 彭文甫及其团队[8]在研究岷江至都江堰段时, 深入探讨了植被覆盖度与地形特征之间的紧密联系。刘绿柳等人[9]对黄河流域植被覆盖率变化的研究近年来, 遥感技术快速发展, 使得包括植被覆盖度在内的地表生物物理参数提取变得更加准确。国内外许多学者都对植被覆盖度遥感提取的方法展开了研究, 并根据自己的研究成果进行归纳总结。

### 2.3. 城市化与植被覆盖率关系研究现状

目前, 国内学者对两者之间关系的研究主要包括易浪等人对黄土高原植被覆盖率变化与人类活动和气候之间关系的探究[10], 张丽等人对淮河流域植被覆盖率的研究[11], 杨静雅等人对新疆等地植被覆盖率的研究[12], 田卓林等人对城市生态环境的评估研究[13], 何云玲等人[14]对城市生态与植被之间关系的研究, 以及 Wenjuan 等人[15]对植被覆盖变化的研究。本文旨在分析植被覆盖度的时空动态变化特征的基础上定性分析城市化对植被覆盖度的影响, 定量研究建设用地变化与植被覆盖变化之间的相互关系。

## 3. 大连市概况

大连市位于辽宁省东南部, 其气候类型为温带大陆性季风气候, 受海洋影响显著, 同时呈现出明显的海洋性气候特征。夏季高温多雨, 冬季寒冷干燥, 春秋季凉爽宜人, 全年都适宜人类生活和生产活动。大连市全境气候温和、四季分明、季风明显、暖湿同季、日照充足、冬季无严寒、夏季无酷暑、年均气温约 10℃; 夏季气温较高, 冬季温度偏低, 但都是一年中最热的月份。空气湿润了, 而大连市降水也主要集中于 7 月至 9 月, 大连市年均降水量 550~950 mm 左右; 该地区的平均积温介于 3300℃到 3700℃之间, 而全年的无霜期则在 156 到 211 天之间; 冬季漫长寒冷, 夏季炎热多雨。大连市年均日照时数 500 h~2900 h, 日照率 60%, 太阳辐射总量 543.92~596.64 kJ/cm<sup>2</sup>。境内最高山峰为步云山, 海拔 1131 m。地势基本上是北面高南面低。

## 4. 结果与分析

### 4.1. 数据源

#### 4.1.1. 植被覆盖率数据来源

遥感数据采用下载自地理数据云网站的 Landsat 数据, 包括 2010 年的 Landsat 4 数据以及 2020 年的 Landsat 8 OLI 数据, 大连市各期遥感的数据均由 7 月份时间序列相近并且云量小于 20%的四景数据镶嵌构成, 对 Landsat 数据的前期处理主要利用 ENVI 软件完成, 主要步骤包括, 大气校正, 镶嵌和图像剪裁等等步骤。首先利用 ENVI 软件对数据进行预处理, 预处理后的可以覆盖大连市的四幅 Landsat 图像如图 1 所示。

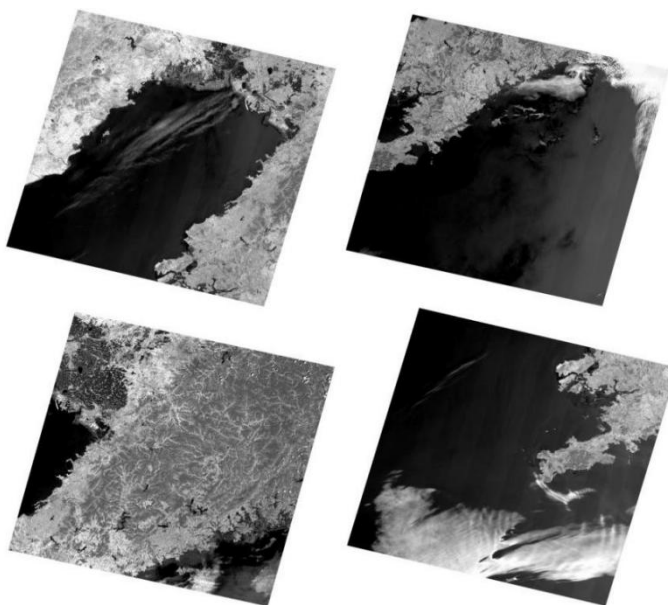


Figure 1. Landsat data of Dalian City  
图 1. 大连市 Landsat 数据

将初步处理好的图像与大连市行政边界进行裁剪，最终得到大连市的具体遥感影像，如图 2 所示。

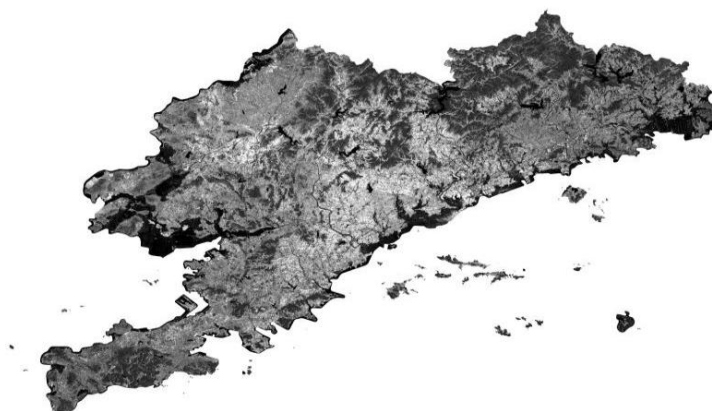


Figure 2. Remote sensing images of Dalian City  
图 2. 大连市遥感影像

#### 4.1.2. 土地覆盖分类数据

土地覆盖分类数据选用了 2010 年和 2020 年的 Landsat 8 影像，空间分布率为 30 m，采用面向对象的分类方法将土地覆盖类型分为建设用地，林地，水域，耕地，草地，裸地等八个级别。

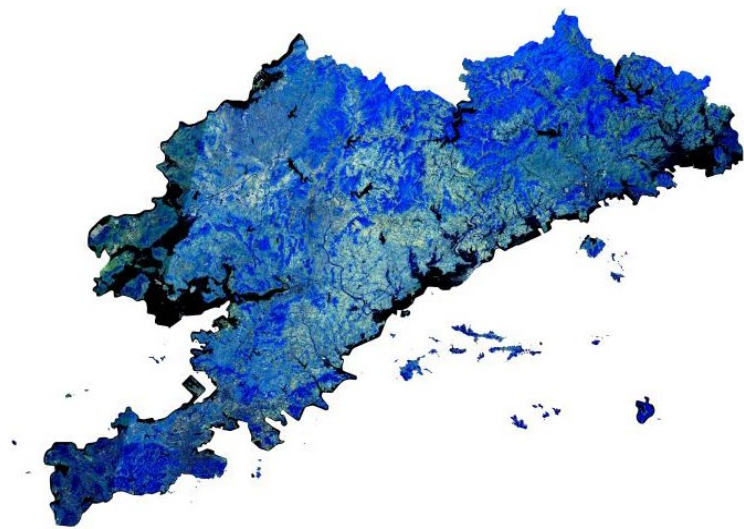
各时期气象数据和人口密度，GDP 等来自大连统计年鉴，其他数据还包括行政边界数据，水系山脉要素图，大连市高程 Dem 数据等等地理数据。

### 4.2. 土地城市化

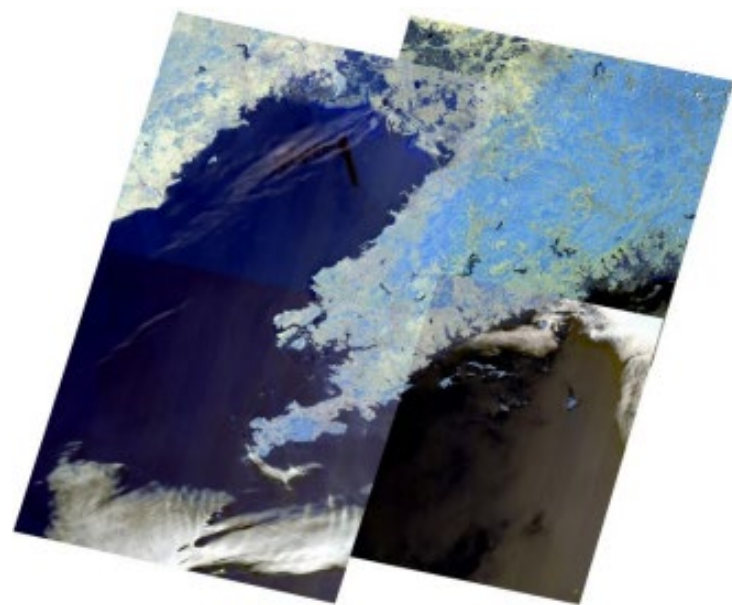
#### 4.2.1. 土地城市化的数据获取与处理方法

土地城市化的结果是利用 LUCC 来对比分析得出的，LUCC 数据的获得方法通常为选取 Landsat 空间分辨率为 30 m 的原始数据，同时确定研究区域的尺度大小，以及文章所研究的时间跨度 2010 年至 2020

年，根据研究区域尺度以及时间跨度对 Landsat 数据进行预处理后根据土地利用的类别分类，如大连市 Landsat 数据预处理后如图 3 所示，在预处理成功后的数据上对地物类别进行重分类即可得到土地利用类型的影像。



**Figure 3.** Preprocessed Image of Dalian City  
**图 3.** 大连市预处理后的影像



**Figure 4.** Band composite image  
**图 4.** 波段复合后图像

本文土地利用类型提取的方法是通过 Landsat 8 数据进行影像分类，影像分类主要可以分为两种方法，分别是监督分类和非监督分类，本文提取大连市的土地利用类型的方法主要使用的是监督分类的方法，也就是最大似然法，将大连市分为建设用地，林地，草地，耕地，水域，湿地，海域，未利用地 8 个级别，利用 GIS 进行影像分类，首先需要对大连市 Landsat 数据进行处理，将七个波段的数据影像复合成一个影像，复合后的图像如图 4 所示。将复合后的四幅图像利用栅格工具中的镶嵌至新栅格进行镶嵌，

镶嵌后的图像如图 5 所示。

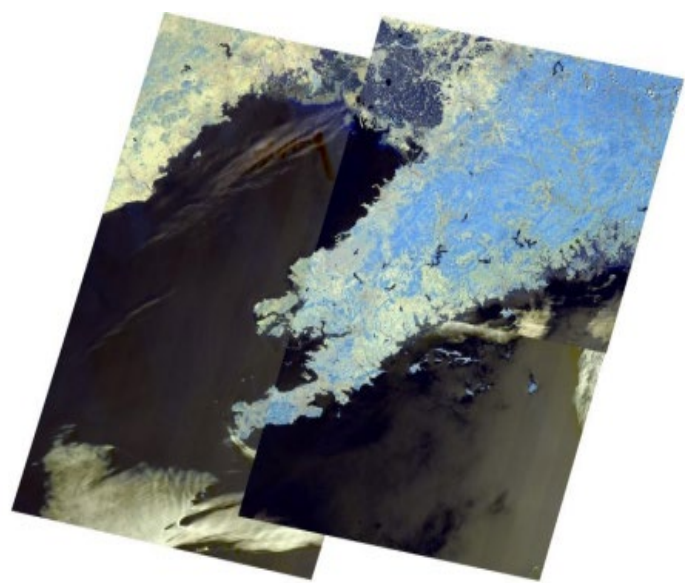


Figure 5. Embedded image  
图 5. 镶嵌后图像

镶嵌后的图像与大连市地界图相结合进行裁剪，接下来再调整不同的波段组合，以便清晰地分辨出不同的地物类别，不同波段的组合情况如表 1 所示。

Table 1. Band combinations  
表 1. 波段组合

| 波段组合    | 主要用途        |
|---------|-------------|
| 4; 3; 2 | 自然真彩色       |
| 7; 6; 4 | 城市          |
| 5; 4; 3 | 标准价彩色图像, 植被 |
| 6; 5; 2 | 农业          |
| 7; 6; 5 | 穿透大气层       |
| 5; 6; 4 | 陆地, 水       |
| 7; 5; 3 | 移除大气影响的自然表面 |
| 7; 5; 4 | 短红外波        |
| 6; 5; 4 | 植被分析        |
| 5; 6; 2 | 健康植被        |

将波段调整为 4; 3; 2 时呈现出自然色，可明显区分出水体与陆地的区别，波段调整为 4; 3; 2 的图像如图 6 所示。

土地利用类型的提取主要使用“影像分类”工具，所以同时打开训练样本管理器与绘制多边形的按钮，进行样本的选择，选择样本尽量均匀，本文研究区域均为每个类型选择六个样本。样本选择后进行合并，八类要素都选择好后即可输出结果，按照此方法可以得出 2010 年与 2020 年大连市地表覆盖物的变化情况。

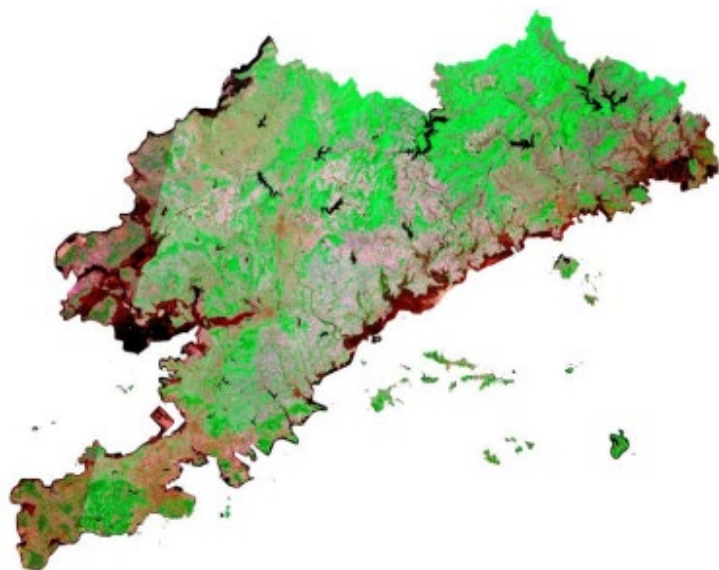


Figure 6. Image under the frequency band  
图 6. 4；3；2 波段下的影像

4.2.2. 大连市地表覆盖物变化情况

在 LUCC 中人造地表表示由人类活动形成的由砂石泥土混凝土等各种建材覆盖的地表覆盖类型，其中不包括建设用地内部连片绿地和水体，结合 GIS 绘制和统计出大连市人造地表的变化情况和具体面积见表 2。

Table 2. Changes in surface cover in Dalian City from 2010 to 2020

表 2. 大连市 2010 年~2020 年地表覆盖物变化情况

| 2010 年 |    |                    | 2020 年 |                    | 变化值                |
|--------|----|--------------------|--------|--------------------|--------------------|
| 类别     | 编号 | 面积/km <sup>2</sup> | 编号     | 面积/km <sup>2</sup> | 面积/km <sup>2</sup> |
| 耕地     | 10 | 6836.02            | 10     | 6454.36            | -381.66            |
| 林地     | 20 | 2956.09            | 20     | 3199.24            | 243.15             |
| 草地     | 30 | 3088.21            | 30     | 1842.24            | -1245.97           |
| 水域     | 40 | 585.75             | 40     | 484.45             | -101.3             |
| 建设用地   | 50 | 2100.68            | 50     | 2465.54            | 364.86             |
| 未利用地   | 60 | 306.76             | 60     | 258.83             | -47.93             |

通过表 3 分析可以得出，2010 年~2020 年间大连市城市人工表面积迅速增长城市建设用地由 2100.68 平方公里增长到 2465.54 平方公里，城市化进程效果显著，城市化进程速度快，耕地面积显著减少由 2010 年的 6836.02 平方公里减少至 6454.36 平方公里，但是林地面积显著增加，增长幅度可达 8%，由 2956.09 平方公里增长至 3199.24 平方公里，增长面积达到 243.15 平方公里，同时草地面积呈现出大量降低的状态，由 3088.21 平方公里锐减至 1842.24 平方公里，减少面积可达 1245.97 平方公里，降低幅度可以达到 40.34%，同时由于城市化的不断进行，大连市水域面积同样呈现出降低的状态，从 2010 年至 2020 年大连市水域面积由 585.75 平方公里降至 484.45 平方公里，降低近 100 平方公里，由此分析可以得出，大连市 2010 年至 2020 年间城市化进程速度快，由于城市的扩张城市大连大量耕地面积转化为人工地表面积，

但是城市化的快速进行也对城市的生态环境造成了一定的影响, 主要包括耕地面积与草地面积的减少, 水域面积的减少等等, 同时大连得快速城市化也导致了大连市未利用土地面积的大量减少, 而林地面积的大量增加又可以说明大连市加大了对城市北部山区的生态建设, 提高了北部林区的植被覆盖度, 保护了生态环境, 促进了城市环境的可持续发展。

为进一步研究大连市城市化对地物覆盖类型的分布造成的影响, 详细分析出大连市各区域的地表覆盖物的变化情况, 又利用 GIS 和大连市各区县的地界图, 在已提取的大连市 LUCC 数据的基础上计算出了大连市部分区县的各地物面积, 见表 3 所示。

**Table 3.** Area of buildings in some districts and counties of Dalian City

**表 3.** 大连市部分区县各地物面积

|      | 2020 年 | 面积/km <sup>2</sup> |      | 面积/km <sup>2</sup> | 2010 年 | 面积/km <sup>2</sup> |      | 面积/km <sup>2</sup> |
|------|--------|--------------------|------|--------------------|--------|--------------------|------|--------------------|
| 瓦房店区 | 耕地     | 1793.94            | 水域   | 147.25             | 耕地     | 1912.3             | 水域   | 170.26             |
|      | 林地     | 689.86             | 建设用地 | 67.79              | 林地     | 610.59             | 建设用地 | 585.38             |
|      | 草地     | 685.24             | 未利用地 | 0.94               | 草地     | 105.83             | 未利用地 | 0.56               |
| 旅顺口区 | 耕地     | 146.01             | 水域   | 11.781             | 耕地     | 161.45             | 水域   | 16.11              |
|      | 林地     | 162.009            | 建设用地 | 152.24             | 林地     | 2.18               | 建设用地 | 115.94             |
|      | 草地     | 1.548              | 未利用地 | 0.14               | 草地     | 16                 | 未利用地 | 0.17               |
| 甘井子区 | 耕地     | 98.18              | 水域   | 7.461              | 耕地     | 95.83              | 水域   | 7.84               |
|      | 林地     | 104.85             | 建设用地 | 239.86             | 林地     | 123.75             | 建设用地 | 219.91             |
|      | 草地     | 2.392              | 未利用地 | 0.0621             | 草地     | 5.3                | 未利用地 | 0.15               |
| 沙河口区 | 耕地     | 2.35               | 水域   | 0.03               | 耕地     | 1.22               | 水域   | 0.16               |
|      | 林地     | 5.14               | 建设用地 | 31.37              | 林地     | 6.62               | 建设用地 | 31.02              |
|      | 草地     | -                  | 未利用地 | 0.1                | 草地     | 0.04               | 未利用地 | -                  |
| 西岗区  | 耕地     | 0.14               | 水域   | 0.216              | 耕地     | 0.74               | 水域   | 0.23               |
|      | 林地     | 4.68               | 建设用地 | 16.4               | 林地     | 6.32               | 建设用地 | 16.13              |
|      | 草地     | 0.016              | 未利用地 | 0.009              | 草地     | 0.03               | 未利用地 | 0.01               |
| 中山区  | 耕地     | 2.7                | 水域   | 0.544              | 耕地     | 2.06               | 水域   | 0.68               |
|      | 林地     | 17.78              | 建设用地 | 20.48              | 林地     | 21.3               | 建设用地 | 19.49              |
|      | 草地     | 0.29               | 未利用地 | -                  | 草地     | 0.26               | 未利用地 | -                  |
| 金州区  | 耕地     | 808.12             | 水域   | 60.18              | 耕地     | 883.87             | 水域   | 82.25              |
|      | 林地     | 245.28             | 建设用地 | 540.44             | 林地     | 236.34             | 建设用地 | 445.74             |
|      | 草地     | 14.63              | 未利用地 | 0.19               | 草地     | 20.34              | 未利用地 | 0.29               |
| 普兰店区 | 耕地     | 1475.84            | 水域   | 100.18             | 耕地     | 1568.9             | 水域   | 120.57             |
|      | 林地     | 528.73             | 建设用地 | 324.53             | 林地     | 429.86             | 建设用地 | 276.43             |
|      | 草地     | 47.49              | 未利用地 | 0.61               | 草地     | 80.61              | 未利用地 | 0.93               |
| 庄河区  | 耕地     | 1880.64            | 水域   | 137.89             | 耕地     | 1956.6             | 水域   | 165.07             |
|      | 林地     | 1288.88            | 建设用地 | 345.59             | 林地     | 1191.2             | 建设用地 | 300.02             |
|      | 草地     | 42.99              | 未利用地 | 0.53               | 草地     | 82.737             | 未利用地 | 0.83               |

由表 3 可以明显看出在 2010 年至 2020 年间瓦房店区, 西岗区, 金州区普兰店区和庄河区的耕地面积显著减少, 瓦房店区耕地面积由 1912.3 平方公里减少至 1793.94 平方公里, 金州区耕地面积由 883.87 平方公里减少至 808.12 平方公里, 普兰店区耕地面积由 1568.9 平方公里减少至 1475.84 平方公里, 庄河区耕地面积由 1956.6 平方公里减少至 1880.64 平方公里, 2010 年至 2020 年假大连市全市水平内的耕地面积也呈现出减少的趋势。而对于林地面积来说, 大连市整体上林地面积呈现出增加的趋势, 除中山区由 21.3 平方公里减少到 17.78 平方公里外, 大部分区县都呈现出正增长的趋势。对于城市建设用地来说, 其中大连市中部城市人造地表面积大幅度提升, 尤其是金州新区, 人造地表面积增加最为明显, 西南部市区城市化进程持续进行, 人造地表面积稳步增加。

同时可以在图 8 的大连市人造地表变化状况中观察到, 大连市北部山区城市化水平依旧较低, 从 2010 年至 2020 年间并未发生明显变化, 其主要原因为大连市北部为山区林地, 人口密度较低, 城市开发程度低, 所以人造地表面积低且无明显增加情况。

利用 LUCC 数据和 GIS 对大连市几年来的地表覆盖物变化进行分析, 分析发现: 从总体上来说, 2010 年至 2020 年大连市人造地表的面积和森林的面积显著持续扩大, 裸地面积逐步减小, 耕地面积明显减小, 说明自 2010 年大连市发展到 2020 年的十年间, 由于城市化进程的不断加快, 城市建设占据大量土地面积, 大大提高了城市中人造地表的覆盖面积, 城市荒地及草地面积随之减小, 同时随着城市建设中加强对森林与植被保护的意识的发展, 大连市森林面积也在逐步增加, 提高了城市的植被覆盖率。从 2010 年至 2020 年十年间大连市中山区, 西岗区, 沙河口区, 甘井子区, 金州新区, 旅顺口区等地城市化快速发展, 城市建设速度快, 人造地表占地面积不断提高, 地表覆盖物类型发生显著变化, 植被覆盖率指数呈明显下降趋势, 在这五年间, 只有少量地区植被覆盖率增加。根据图 7 分析可得知从 2010 年至 2020 年十年间, 大连市城市建设用地面积显著增加, 人造地表占地面积显著扩大, 但是城市化的快速进行并未占据大量绿地面积, 据悉, 自 2011 年 11 月起大连市政府拟定了“青山生态系统工程”建设实施方案, 对城市化导致的生态上的破坏进行了补偿, 很大程度上上改善了由于城市化造成的植被覆盖度降低和生态退化的问题, 大力推进生态系统工程的建设, 使大连市各区域植被覆盖率面积显著提高。

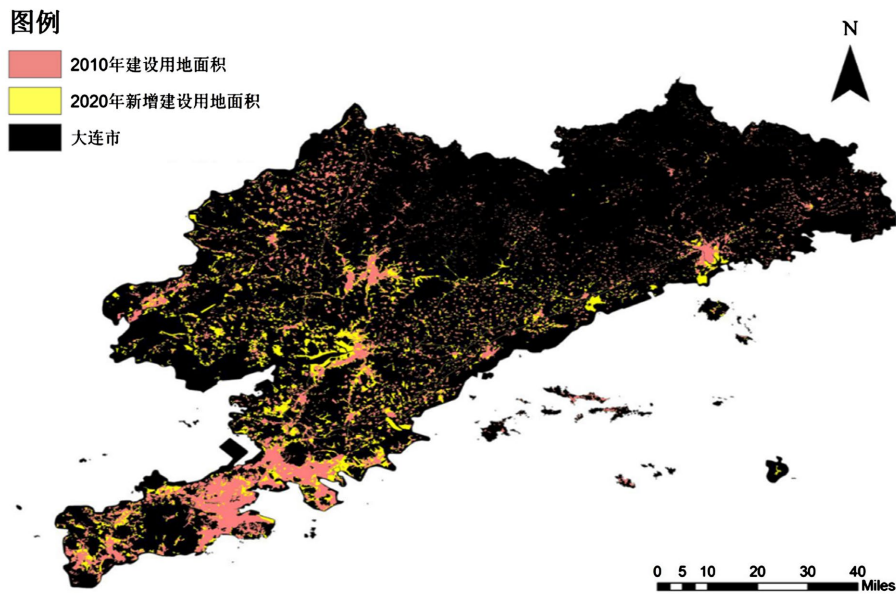


Figure 7. Changes in artificial land surface in Dalian City  
图 7. 大连市人造地表变化情况

根据 GIS 软件进行统计,大连市内各区域的植被覆盖率均产生了明显的变化,其中甘井子区由 57.71% 增长至 61%,金州区由 64.58%增站至 67.04%,旅顺口区由 67.26%增长至 69.43%,普兰店区由 76.24% 增长至 78.86%,沙河口区由 43.93%增长至 50.%,瓦房店区由 69.62%增长至 71.11%,西岗区由 47.78% 增长至 51.38%,长海县由 76.25%增长至 78.62%,中山区由 54.89%增长至 62.54%,庄河区由 78.42%增 长至 80.76%,可见生态建设工程效果显著,在城市化建设的过程中兼顾生态环境问题,大力建设生态环 境友好型城市,在城市建设的同时又十分重视生态环境的建设,使大连市植被覆盖率不断提高。

4.3. 大连市绿化及城市建成用地指标变化

由大连市统计年鉴统计可以得出大连市绿化用地以及城建设用地指标的变化如表 4 所示,从 2005 年 至 2010 年间,大连市城市绿化覆盖面积增加,但增加幅度不高,城市建设用地面积大幅度增加城市建设 快速发展,工业经济金融等发展占据大量城市用地,森林面积大量增加,城市建设开始意识到生态建设 的重要性,加大生态工程建设和生态保护力度。

Table 4. Changes in green land and urban built land indicators in Dalian City  
表 4. 大连市绿化用地及城市建成用地指标变化

| 年份/指标  | 城市绿化覆盖面积<br>(公顷) | 城市建设用地面积<br>(公顷) | 森林面积<br>(公顷) | 森林覆盖率<br>(%) | 本年新封山育林面积<br>(公顷) |
|--------|------------------|------------------|--------------|--------------|-------------------|
| 2005 年 | 11,269           | 248              | 141940.0     | --           | ---               |
| 2010 年 | 12,191           | 362.81           | 412426.9     | 40.99%       | ---               |
| 2015 年 | 18,759           | 378              | 465084.4     | --           | 853               |
| 2020 年 | 20,431           | 429.2            | 427018.93    | 41.5%        | ---               |

同时由图 8 可知,从 2010 年至 2015 年间大连市城市绿化覆盖面积显著增加,相较于前一研究阶段 增长率可达 53.87%,城市建设用地面积增加速率降低,森林覆盖率不断提升,森林覆盖率可以达到 40.99%,在这五年间,大连市政府致力于生态环境工程建设,不断修复近年来由于快速城市化所导致的 生态环境问题,并取得了较大成效。

从 2010 年至 2020 年间,城市绿化覆盖面积和城市建设用地面积均为持续上升状态,同时较前一研 究阶段森林面积呈现负增长状态,城市用地面积的增加和森林及植被面积的 减少也可以佐证大连市城市化进程对植被覆盖率的影响。

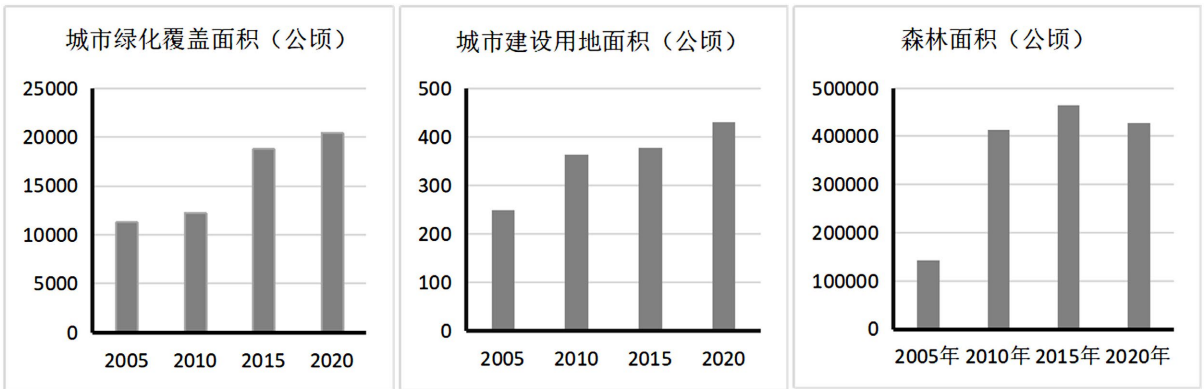


Figure 8. Changes in partial land use area in Dalian City  
图 8. 大连市部分用地面积变化

4.4. 植被覆盖度的时空动态变化

大连市植被覆盖率的研究主要是基于 NDVI 归一化植被指数来求得，其中 NDVI 数据的获取和计算方法为：首先在地理数据云中下载 Landsat 数据影像，空间分辨率选择 30 m，大连市占地面积较大，所以整个大连市由四副 Landsat 数据才能完全覆盖，选择时间为 7 月份，云量为小于 15%的四幅影像，利用 ENVI 软件对 Landsat 数据进行几何校正，剪裁与镶嵌等预处理，预处理后的影像利用栅格计算器来计算出研究区域的 NDVI 值。计算 NDVI 的公式如下：

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

其中 NIR 为近红外波段，R 为红光波段。将计算后的 NDVI 指数导入 GIS 中，大连市植被覆盖度的提取方法采用 NDVI(植被指数)像元二分模型，基于对大连市 NDVI 归一化植被指数数据的分析，并利用公式计算而得出的，虽然像元二分模型的输入参数和计算方法简单，但是计算结果非常精准，所以被广泛应用。根据遥感影像提取出的大连市 NDVI 图像如图 9 所示。

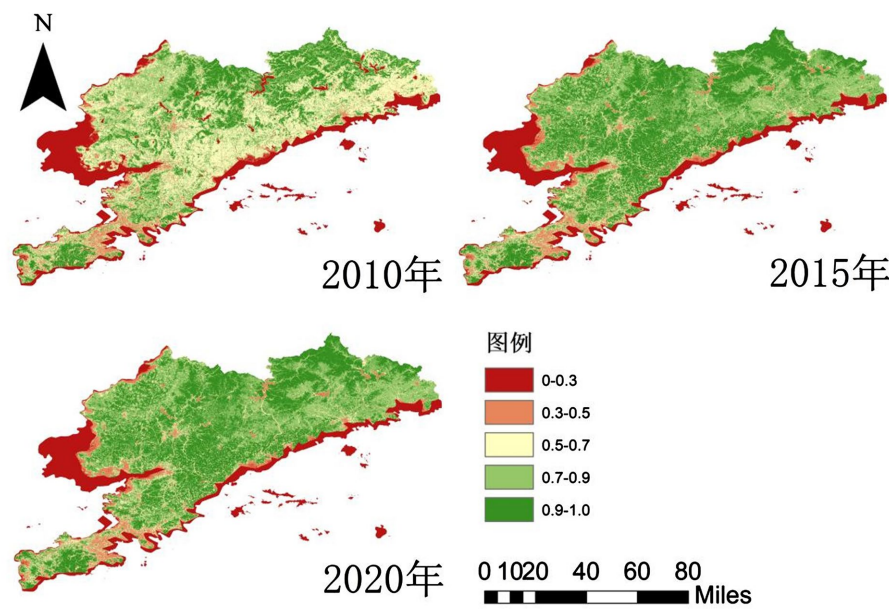


Figure 9. NDVI of Dalian City  
图 9. 大连市 NDVI

同时归一化植被指数与植被覆盖率呈现出正向相关性，归一化植被指数可以作为评价植被长势的一项可靠的指标，提供详细的植被覆盖度的信息，大连市的归一化植被指数通过公式计算可得出结果如表 5 所见。

Table 5. NDVI index of Dalian City  
表 5. 大连市 NDVI 指数

|      | 2010 年  | 2015 年  | 2020 年  |
|------|---------|---------|---------|
| 甘井子区 | 0.57170 | 0.57168 | 0.61004 |
| 金州区  | 0.65124 | 0.61213 | 0.67046 |
| 旅顺口区 | 0.67863 | 0.64796 | 0.69433 |

续表

|      |         |         |         |
|------|---------|---------|---------|
| 普兰店区 | 0.76962 | 0.71028 | 0.78868 |
| 沙河口区 | 0.41325 | 0.44227 | 0.50002 |
| 瓦房店市 | 0.71360 | 0.66415 | 0.71117 |
| 西岗区  | 0.42925 | 0.43654 | 0.51386 |
| 长海县  | 0.76966 | 0.72143 | 0.78620 |
| 中山区  | 0.55298 | 0.55881 | 0.62540 |

利用归一化植被指数作为像元二分模型中的像元值来提取植被覆盖率，可以用以下公式来计算：

$$F_{VC} = S - S_{SOIL} / (S_{VEG} - S_{SOIL})$$

在公式中， $F_{VC}$  代表植被覆盖度， $S$  为  $NDVI$  像元值  $S_{SOIL}$  为裸土像元值， $S_{VEG}$  为植被完全覆盖像元值。模型置信水平为 95%，利用  $ENVI$  统计获得累计像元值即置信区间 5%处及 95%处，分别记为裸土值、植被完全覆盖值。计算出植被覆盖率后将植被覆盖度分为五个相等间隔，分别为高覆盖度，较高覆盖度，中覆盖度，较低覆盖度和低覆盖度。

由研究方法中的植被覆盖率  $F_{VC}$  计算公式在 GIS 统计和绘制出 2010 年，2015 年，2020 年大连市植被覆盖度的分布图，分析其显示出的时间和空间分布特征，如图 10 所示。

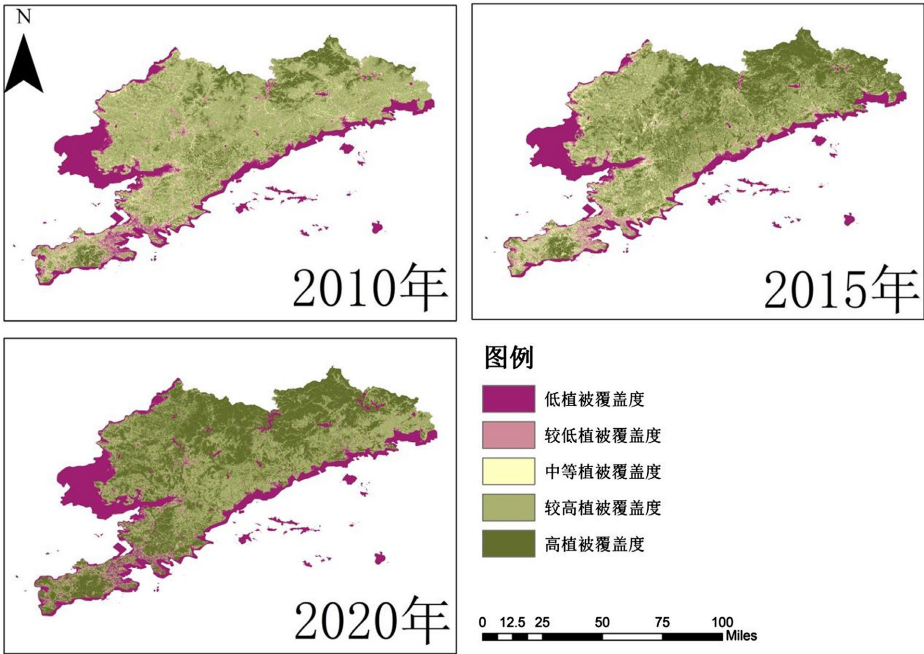


Figure 10. Spatial and Temporal Distribution of Vegetation Coverage in Dalian City from 2010 to 2020

图 10. 大连市 2010 年至 2020 年植被覆盖率时空变化分布

由图 10 分析以及 GIS 的统计可以得出大连市 2010 年，2015 年和 2020 年的平均植被覆盖率为 53.64%，58.25%和 60%。大连市的植被覆盖率整体上都属于中等覆盖级别，2010 年至 2020 年期间，大连市植被覆盖度呈现出波动趋势。在 GIS 中将植被覆盖度分为五个等级后由图及数据可见，大连市 2010 年至 2020 年间植被覆盖率呈现增长趋势，庄河区，普兰店区瓦房店区的植被覆盖率指数高，市辖区例如

中山区由于城市化进程快，城市发展占据大量用地面积导致植被覆盖率较小。同时位于北部山脉森林区明显在任何时间的植被覆盖率都比中部城市群更高，也可以验证人口密度和地均 GDP 两类社会环境因子息息相关，均呈现明显的负相关性。

利用 GIS 所统计而出的 2015 年，2010 年，2020 年的植被覆盖率各等级面积如图 11 所示，不同时期的覆盖度的各个等级的面积呈现出阶梯状分布，基本上呈现出增加的趋势。

同时根据图 11 分析可得，从 2010 年至 2020 年间大连市高植被覆盖度的面积一直在不断增加，较高植被覆盖度的面积呈现出先下降后少量上升的趋势，中等植被覆盖度的面积基本上保持不变，同时可以观察到植被覆盖率显著增加的区域主要为人类活动较少的森林自然增长区域。同时从整体范围上分析观察可以看出从 2010 年至 2020 年间大连市高植被覆盖度的面积一直呈现出增加的状态，高植被覆盖度相较于 2010 年增长幅度可以达到 10.37%，说明大连市政府的生态建设成果显著。在植被覆盖率的变化过程中也可以看出，大连市市中心等城市化发展地区的植被覆盖率变化并不明显，但是北部及东北部林地的森林植被覆盖度显著提高，说明在 2010 年至 2020 年这十年的建设过程中，对北部林地资源保护效果显著，植被增长的密度加大，大连市的城市化建设和生态环境间的关系越来越融洽，在提高了大连市的城市化水平的同时保护了大连市的生态环境。

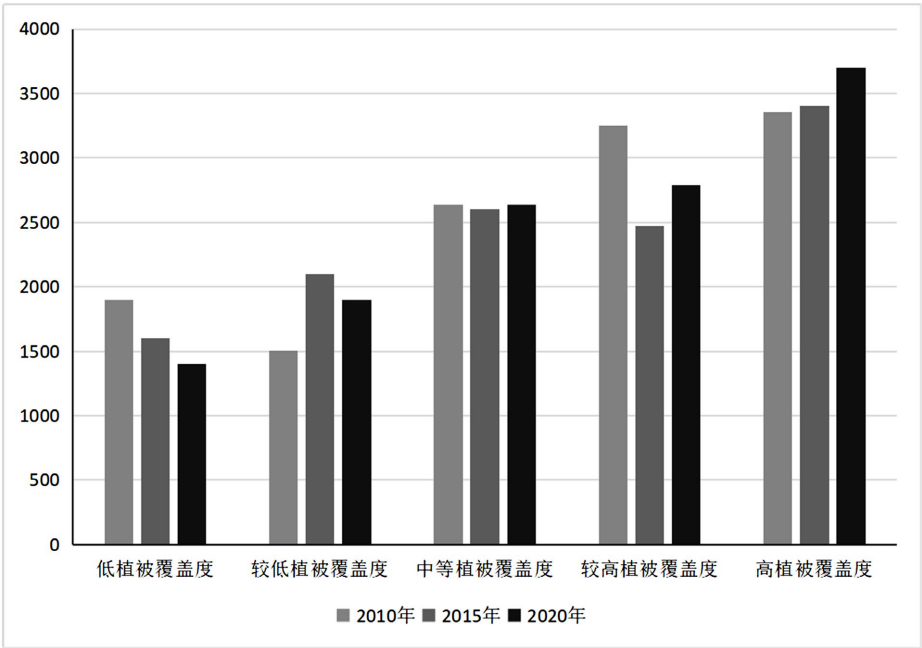


Figure 11. Vegetation coverage area of various vegetation types in Dalian City  
图 11. 大连市各植被覆盖度面积

#### 4.5. 大连市植被覆盖度影响因素分析

大连市植被覆盖度影响因素的分析主要利用 SPSS 软件对植被覆盖率与大连市的自然环境因子与社会环境因子进行双变量的线性相关分析，在自然环境中选择 2010 年至 2020 年逐年年总降水量，年均气温，年总日照时数，在社会因子中选择人口密度和地均 GDP 来与植被覆盖度进行相关性分析，当  $p$  值为 0 时说明环境因子与植被覆盖度呈现出不相关关系，当  $p$  值大于 0 时则说明环境因子与植被覆盖率呈现出正相关关系，数值越接近 1，相关性越强，当  $p$  值小于 0 时则说明环境因子与植被覆盖率呈现出负相关关系，数值越接近 -1 则负相关性越强。利用 SPSS 计算得出的相关性系数如表 6 所示。

**Table 6.** Correlation between social factors, environmental factors, and vegetation coverage  
**表 6.** 社会因子与环境因子与植被覆盖度的相关性

| 变量                           | 相关性     | 植被覆盖率指数  |
|------------------------------|---------|----------|
| 年总降水量/(mm)                   | 皮尔逊相关性  | 0.19     |
|                              | 显著性(双尾) | 0.719*   |
| 年均气温/(°C)                    | 皮尔逊相关性  | -0.326   |
|                              | 显著性(双尾) | 0.357    |
| 年总日照时数/(h)                   | 皮尔逊相关性  | -0.073   |
|                              | 显著性(双尾) | 0.864    |
| 人口密度/(人/km <sup>2</sup> )    | 皮尔逊相关性  | -6.57    |
|                              | 显著性(双尾) | 0.166    |
| 地均 GDP/(万元/km <sup>2</sup> ) | 皮尔逊相关性  | -0.624** |
|                              | 显著性(双尾) | 0.165    |

注: \*\*.在 0.01 级别(双尾), 相关性显著。\*.在 0.05 级别(双尾), 相关性显著。

表 6 中列出了各环境因子与植被覆盖度的相关系数, 相关性系数  $p$  的绝对值介于 0~1 之间, 通常来说,  $p$  越接近于 1, 表示两者之间的相关程度就越高, 反之,  $p$  接近于 0 时, 两者之间的相关程度就越弱, 在  $p$  的绝对值的取值与相关程度中, 一般认为, 当  $p$  的绝对值位于 0.00~0.19 之间时为极度相关, 当  $p$  的绝对值位于 0.20~0.39 之间时为低度相关, 当  $p$  的绝对值位于 0.40~0.69 之间时为中度相关, 当  $p$  的绝对值位于 0.70~0.89 之间时为高度相关, 当  $p$  的绝对值位于 0.90~1.00 之间时为极高相关, 正值表示正相关, 负值表示负相关, 通过表中数据可以得出年总降水量与植被覆盖指数的相关性为 0.19 呈现出正向极低相关度, 年均气温与植被覆盖率的相关性指数为-0.314 呈现出负向低度相关, 年日照总时数与植被覆盖率的相关性为负向低度相关相关系数为-0.193, 而人口密度与植被覆盖率的相关性呈现出负向高度相关, 同时地均 GDP 也与植被覆盖率之间呈现出高度负相关, 所以说明在影响植被覆盖率的各环境因子中, 在气象条件下均未呈现出明显的相关性, 而作为社会因子的人口密度因子与地均 GDP 因子则与植被覆盖率之间表现出明显的负向相关关系。人口密度较大, 地均 GDP 高, 人类经济利用率高的区域, 植被覆盖率会呈现出较低水平, 表明人类活动, 城市化发展会影响植被覆盖率的程度。

## 5. 结论

本文通过收集和分析大连市 2010 年至 2020 年归一化植被指数和地表覆盖物变化情况, 加以结合大连市近年来城市化发展状况, 对大连市的城市化对植被覆盖率的影响进行了分析, 主要结论为以下几点:

(1) 通过相关性分析, 可以明确看出自然环境因素对大连市植被覆盖率的影响并不大, 两者之间的相关性并不高, 其重要原因是, 当以大连市作为研究区域时, 研究区域较小, 各类气候, 降水, 温度等环境因素在相同时间范围下变化量较小, 故其对大连市这个研究区域内的植被覆盖率的变化影响并不大, 但是作为社会环境因素的地均 GDP 和人口密度则表现出与植被覆盖率之间较高的相关度, 说明了大连市的城市化会对植被覆盖度产生比较明显的影响。

(2) 通过本文数据的研究分析可以看出大连市 2010 年至 2020 年间植被覆盖率明显增加的区域位于大连市北部山林区, 北部山林区植被覆盖率增加, 植被密度不断加大, 说明大连市这十几年来对北部山林区积极用地, 增加了植树造林的面积和密度, 建设生态修复工程, 保护了城市植被, 提高了植被覆盖率, 同时, 以中山市为例的大连中心市区, 植被覆盖率不断减小, 在人造地表面积的变化中呈现出大量

增加的状态,也可以说明大连市区的高强度城市化对植被覆盖率产生了较大的影响。

(3) 大连市土地城市化的变化与植被覆盖率变化之间的关系也很好的说明了城市化与生态环境建设并非是水火不相容一般的关系,有秩序的,生态友好的城市化以及建设,不仅仅可以提高城市的城市化水平,还可以同时提高城市的生态环境质量,在开发市区经济建设和工业发展的同时,加大对北部林区的生态保护力度,大连市以这样一种可持续发展的理念开发城市,在城市文明高度发展,经济水平不断提高,人们的文化素质提高的同时兼顾生态环境,以绿色、可持续的方式在城市建设与生态建设中不断找到新的平衡,促进人与自然和谐发展。

## 参考文献

- [1] 姜旭彤. 城市土地扩张及其生态环境效应研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 东北财经大学, 2020.
- [2] 张薇, 万虹麟, 陈晨, 等. 基于归一化植被指数的植被覆盖度时空变化研究——以大运河文化带沧州段为例[J]. 河北水利电力学院学报, 2021, 31(4): 72-78.
- [3] 宋鑫, 李微, 刘洪洋, 等. 大连市河岸带植被覆盖度监测[J]. 地理空间信息, 2019, 17(12): 91-93+120+10-11.
- [4] 李晓兵, 史培军. 中国典型植被类型 NDVI 动态变化与气温、降水变化的敏感性分析[J]. 植物生态学报, 2000, 24(3): 379-382.
- [5] 陈楠, 李新国, 刘彬. 基于像元二分模型的开都河流域下游绿洲植被动态变化[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2017, 48(2): 199-202.
- [6] 刘玉安, 黄波, 程涛, 等. 基于像元二分模型的淮河上游植被覆盖度遥感研究[J]. 水土保持通报, 2012, 32(1): 93-97+267.
- [7] 阿多, 赵文吉, 宫兆宁, 张敏, 范云豹. 1981-2013 华北平原气候时空变化及其对植被覆盖度的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(2): 576-592.
- [8] 彭文甫, 王广杰, 周介铭, 徐新良, 罗怀良, 赵景峰, 杨存建. 基于多时相 Landsat5/8 影像的岷江汶川-都江堰段植被覆盖动态监测[J]. 生态学报, 2016, 36(7): 1975-1988.
- [9] 刘绿柳, 肖风劲. 黄河流域植被 NDVI 与温度、降水关系的时空变化[J]. 生态学杂志, 2006, 25(5): 477-481.
- [10] 易浪, 任志远, 张翀, 等. 黄土高原植被覆被变化与气候和人类活动的关系[J]. 资源科学, 2014, 36(1): 166-174.
- [11] 张丽, 何晓旭, 魏鸣. 基于 NDVI 的淮河流域植被覆盖度动态变化[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(Z1): 51-56.
- [12] 杨静雅, 李新国, 闫凯, 等. 基于遥感与像元二分模型的新疆和静县草地植被覆盖度时空变化特征研究[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(1): 210-217.
- [13] 李微, 宋鑫, 刘伟男, 等. 大连市植被覆盖度时空变化研究[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 2019, 42(1): 93-98.
- [14] 何云玲, 张一平. 城市生态环境与绿化植被相互作用研究[J]. 高原气象, 2004(3): 297-304.
- [15] Yu, W.J., Zhou, W.Q., Qian, Y.G. and Yan, J.L. (2016) A New Approach for Land Cover Classification and Change Analysis: Integrating Backdating and an Object-Based Method. *Remote Sensing of Environment*, 177, 37-47.