

基于遥感分析葫芦岛地区植被覆盖动态变化

徐昊驰

哈尔滨师范大学，黑龙江 哈尔滨

收稿日期：2022年8月18日；录用日期：2022年9月16日；发布日期：2022年9月26日

摘要

植被覆盖度是研究一个地区植被生长状态的重要指标，在我们对于区域生态系统的研究中起着重要作用。本文介绍了遥感和植被覆盖度之间的关系和遥感对于研究植被覆盖度的应用。葫芦岛市辽宁省内的地级市，地处辽宁省的西部沿海地区，其中心位置位于120°38'E、40°56'N，东接锦州，西临山海关，北朝阳市，南朝渤海，构成了渤海经济圈，所以研究葫芦岛地区的植被覆盖度有利于当地的环境保护及生态建设。本文选取了葫芦岛市2001年和2018年Landsat TM/OLI影像和葫芦岛市县级行政界线，利用ENVI5.3和ArcMap10.1等基础软件工具求植被指数NDVI和植被覆盖度，得出葫芦岛市2001年~2018年植被覆盖度的时空变化特点并分析引起发生其变化的主要原因。本文的研究结论为葫芦岛研究葫芦岛市的环境关系和当地可持续发展提供了数据来源。

关键词

植被覆盖度，生态系统，遥感影像，可持续发展

Dynamic Change of Vegetation Cover in Huludao Area Based on Remote Sensing

Haochi Xu

Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Aug. 18th, 2022; accepted: Sep. 16th, 2022; published: Sep. 26th, 2022

Abstract

Vegetation coverage is an important indicator of vegetation growth in a region, which plays an

important role in the study of regional ecosystem. This paper introduces the relationship between remote sensing and vegetation coverage and the application of remote sensing to the study of vegetation coverage. Huludao City, a prefecture level city in Liaoning Province, is located in the western coastal area of Liaoning Province. Its center is located at 120°38'E, 40°56'N, Jinzhou is in the east, mountain customs are in the west, Chaoyang City is in the north and Bohai Sea is in the south, forming the Bohai economic circle. Therefore, the study of vegetation coverage in Huludao area is conducive to local environmental protection and ecological construction. In this paper, the Landsat TM/oli image and county administrative boundary of Huludao City in 2001 and 2018 are selected, and the NDVI and vegetation coverage are calculated by using ENVI5.3 and Arcmap10.1 and other basic software tools, and the spatial-temporal change characteristics of vegetation coverage in Huludao City in 2001~2018 are obtained, and the main reasons for the change are analyzed. The conclusion of this paper provides a data source for Huludao to study the environmental relationship and local sustainable development.

Keywords

Vegetation Coverage, Ecosystem, Remote Sensing Image, Sustainable Development

Copyright © 2022 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

1.1. 研究植被覆盖度的意义与作用

随着人类社会的发展, 工业文明程度逐渐扩大, 人类开始滥用资源。人类社会现今面临资源愈发匮乏、人口持续膨胀、环境严重污染等问题。其中, 环境问题是人类生存中最严重、影响最大的问题[1] [2] [3]。植被在生态系统和物质循环中非常活跃, 其动态响应于气候和环境的变化, 植被覆盖度的动态变换在一定的程度上有反映地区土地利用变化程度的水平的可能, 反映地表成分之间的变化。植被是陆地表层系统的其中一个重要组成成分, 植被覆盖度是指植被(包括叶、茎、枝)在地面垂直投影面积占统计区总面积的百分比, 它既是权衡植物群落覆盖地表状况的综合性的量化指标, 也是对区域生态环境状况进行评估的重要指标。

近年来, 我国经济高速发展, 城市化发展飞速, 环境方面各种弊端开始持续涌现, 环境保护与治理的理念逐渐被大多数人赞同。生态文明建设作为我国一项基本国策, 在全国各地实行。植被覆盖度的多少是反映地区森林资源丰富程度和地区绿化环境好坏水平的重要指标。植被是区域生态系统的基本组成结构, 在区域生态系统中起着重要的作用, 定量检测一个地区植被覆盖度变化情况对生态文明建设和环境保护等方面的研究具有重要的意义。

本文研究葫芦岛市 2001 年~2018 年植被覆盖度的时空变化特点以及分析造成这种变化的主要原因, 提供了地区良好生态文明建设和环境资源可持续发展的科学依据, 以促进葫芦岛市的生态环境良好发展。

1.2. 基于 RS 对于植被覆盖度研究现状

植被覆盖度是生态学、水文学及环境学等学科的重点研究内容, 在国内外学者的研究内容中一直占据重要地位。近几年, 伴随遥感技术的飞速发展和各种陆地资源卫星开始对地球进行全球范围的监测,

出现了各种基于遥感技术来估计计算植被覆盖度的方法。遥感技术(Remote sensing, RS)是不接触被探测的目标,利用传感器来获取目标数据,通过对数据进行分析,获取被探测目标、区域和现象的有用信息[4]。基于遥感技术的前提下,让不同波段相互组合,可以得出多种植被指数,都能在一定程度上代表植物的生长状况。刘源在前人基础上将遥感测量植被覆盖度的方法分为回归模型法、植被指数法与像元分解模型法[5]。

1973年外国学者 Rouse 等提出了归化植被指数(Normalized difference vegetation index, NDVI)的含义,大量研究人员开始依据归化植被指数估测植被覆盖度。如,史晓亮等利用 AVHRR GIMMS 和 MODIS 两种 NDVI 数据源,基于像元二分模型对黄土高原草地覆盖度进行了模拟[6];唐梦莹等利用 Landsat TM/OLI 影像,通过构建 NDVI-DFI 特征空间提取端元特征值,运用像元三分模型估计计算绿色光和植被、非绿色光和植被和裸地覆盖度[7];张佳华等基于 MODIS 遥感数据求植被指数 NDVI 与 EVI,通过地表反射的七个波段、NDVI (4个实相)、DEM、homogeneity 和 entropy 共十四个参数作为土地覆盖分类特征,并对土地覆盖分类和评价[8]。而植被覆盖度(Fractional vegetation cover, FVC)是植物(含叶、茎、枝)在地面上垂直投影的面积占统计区域总面积的比例,是植物群落覆盖地表状况的综合量化指标,也是量化地区生态环境情况的一项重要指标,一般都在规划植被指数的基础上计算得出再加以利用。近年来,随着我国经济的极速上升和城市化的持续大幅度推进,环境方面的各种弊端开始持续出现,环境保护和管理理念逐渐得到大多数人的认同,生态文明建设作为基本国策在全国各地实施。植被是地区生态系统的基本构成结构,定量测定一个地区植被程度的变化情况对于生态文明的建设和环境保护等方面的研究具有重要意义[9]。

我们关于植被覆盖度的不断研究能够帮助我们了解本地的环境条件。例如,黄土高原周围裸地多,植被稀少覆盖率低,黄土稀疏,导致当地的水土流失严重。因此,我们能够了解当地的环境条件和问题并找出解决的方法,使地区环境变得更好,使地区能够继续可持续发展。

2. 研究区概况

葫芦岛是于辽宁省西部沿海的一个地级市,中心地理方位为 120°38'E、40°56'N。至 2019 年末,葫芦岛市的地理面积为 1.04 万 km²,共有三个区,两个县和一个市,总人口共有 277.9 万人。

葫芦岛处于北温带大陆季风性气候区。地势西北高东南低,中间程过渡状。经过葫芦岛市内的公路线路共有四条,交通便利。南部临海有两个沿海港口,海岸线长达 261 千米,海产品丰富。植物区系方面,葫芦岛市地处华北植物区系中,同时也有长白植物区系和内蒙古植物区系。葫芦岛市处于东北地区,重工业发展较早,早期经济发展的支撑是矿业。矿产资源开发较早,矿山比较多。目前已经发掘出的不同矿产资源种类已多达 51 种。

3. 实验数据来源与预处理

3.1. 数据来源

中国县界行政区边界的矢量数据来自于网络。遥感影像来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>),在网站获取下载葫芦岛市 2001 年的 landsat4-5 TM 影像数据和 2018 年 Landsat8 OLI 数据。这两种卫星的投影方式都是 UTM-WGS84,时间分辨率为 16 d。葫芦岛市处于温带季风气候区,选择 4 月末、五月两个月的遥感影像,遥感图像显示效果好,并且这段时间植被生长茂盛,可以清晰地反映出植物的长势及空间分布状况,因而得出葫芦岛市的植被覆盖度比较精确。结合时间、云量和数据的有无选取的遥感影像成像时间分别为 2001 年 5 月和 2018 年 4 月,详细数据信息见表 1。

Table 1. Imagery table of remote sensing data**表 1.** 遥感数据影像表

	传感器类型	轨道号	时间	云量	空间分辨率
影像 1	TM	121/31	2001-4-11	0	30 m
影像 2	TM	121/32	2001-4-11	0	30 m
影像 3	OIL	121/31	2018-4-26	13.89%	30 m
影像 4	OIL	121/33	2018-4-26	1.01%	30 m

3.2. 数据预处理

数据预处理采用 ENVI5.3 软件和 ArcMap 软件完成。

因为葫芦岛分处两个轨道号，首先使用 ENVI5.3 软件中的 Edit Seamless Mosaic 工具软件将相邻 121/31 和 121/32 两幅遥感影像进行合并成为一张影像方便裁剪。

而在运用 ENVI5.3 软件进行植被覆盖度计算之前，我们需要将遥感图像先进行一些预处理来减少不必要的误差，其中包括辐射定标和大气校正。在 ENVI5.3 中使用工具辐射定标(Radiometric calibration)。遥感传感器在对被测物体进行研究观测时，将会受到太阳位置角度和大气厚度等因素的干扰，我们所获取的结果即像元值与目标物光谱反射率或光谱辐射亮度值等物理量不一致并且会存在一定的误差，辐射定标则是转换图像数字量化值(DN)辐射亮度值、反射率或者地表温度等物理量来减少以上误差，增加结果精度的处理过程[10]。辐射定标的目的就是消除一切大气和太阳的干扰。

接下来进行的是大气校正，使用的是大气校正工具(FLAASH)。大气校正指的是，由传感器测量出的地面目标总辐射量结果不是地面真实反射率的反射，其中还包括大气吸收引起的辐射误差，特别是散射效应造成的误差[11]。大气校正就是消除这些由大气影响所造成的辐射误差，通过软件处理来反演地物真实的表面反射率的过程。

再用 ArcMap 软件将葫芦岛市行政界线从全国县界行政边界中利用属性表筛选导出添加到图层中，进行影像的拼接与剪裁，并将剪裁后的遥感影像转换成 tiff 格式，以便在 ENVI5.3 中加载。将同一影像加载到 ENVI5.3 中，波段合成工具(Layer Stacking)将遥感图像的各个波段融合成为一张整体图像，就得到了 2001 年和 2018 年这两个时期的红色波段和近红外波段融合的整体影像数据，方便接下来的运用与处理。

4. 研究方法

4.1. 归化植被指数

植被指数(Vegetation index, VI)是指将遥感测量出的不同波段反射率以一定规律进行运算组合，并利能够用计算机结果进行表达，来进行突出植被信息，缩小数据维数，压缩数据量等操作。在平常的研究中，我们常用的植被指数包括比值植被指数(Ratio vegetation index, RVI)、差值植被指数(Difference vegetation index, DVI)、归一化植被指数和正交植被指数(Perpendicular vegetation index, PVI) [12]。归化植被指数(NDVI)可以消除仪器定标、太阳角、地形、云影和大气条件等对辐照度变化的大部分影响，能够提高对植被的响应能力。因此，不同类型的地表覆盖类型在大尺度的 NDVI 影像上可以很明显地被分辨出来，植被与其他地表覆盖类型明显相异，非常适合较大区域的植被覆盖动态观测。

归化植被指数是指近红外波段与可见光红波段数值之差与这两个波段数值之和的比值。

NDVI 的计算公式为:

$$NDVI = (R_{nir} - R_{red}) / (R_{nir} + R_{red}) \quad (1)$$

上式中, NIR 为遥感接收到近红外波段的数值; RED 为可接收到可见光红色波段的数值。

NDVI 的值为[-1, 1], 其中负值表示地面上层覆盖着云层、水和雪, 对可见光的反射非常强, 值为 0 时表示岩石和裸土, 此时 NIR 和 R 几乎相等。当 NDVI 值为正值时, 表示土地上被植被覆盖, 并且覆盖的范围很大。当 NDVI 值等于 0.1 时, 地表有植被覆盖, NDVI 增则绿色植物增加。当 NDVI 值低于 0.1 时, 地表没有植被。其中包括两戈壁, 沙漠, 赤土, 云, 冰雪和水等。当 NDVI 值在 0.8 以上时, 基本上是纯植被[13]。

由于不同的传感器接收的波段不同, 为了使研究数据保持一致, 本次研究数据选择的是 landsat4-5 TM 3、4 波段数据与 landsat8 OIL 4、5 波段数据, 使用像元二分模型计算。像元二分模型是一种混合像元分解模型, 计算方法比较简单、不受地域限制, 广泛应用于区域植被覆盖度估计计算。在像元二分模型中, 假设一个像素图像由绿色植被和土壤两部分组成, 传感器观测到的光谱信息由土壤信息部分和植被信息部分两个分量因子组成。各因子的权重为各因子在像素中所占面积的百分比, 其中植被的权重即是植被覆盖度[14]。

植被覆盖度的计算公式为:

$$f = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s) \quad (2)$$

上式中, f 表示为植被覆盖度; NDVI 的值为所求区域或像元的植被指数; 其中 NDVI_s 为纯土壤的植被指数, NDVI_v 为纯植被的植被指数。

用 ENVI5.3 软件计算两个时期的 NDVI, 并将结果转换成 ERDASIMAGINE 格式, 并加载到 ArcMap 中。在 ArcMap 统计 NDVI 值, 统计结果中选取累积概率为 5% 与 90% 的 NDVI 值分别作为 NDVI 的最大值(NDVI_{max})和 NDVI 的最小值(NDVI_{min})。由此可得到表 2。

Table 2. NDVI_{max} and min values for 2001 and 2018
表 2. 2001 年和 2018 年 NDVI_{max} 和 min 值

植被指数	2001 年	2018 年
NDVI _{min}	-0.011765	0.098039
NDVI _{max}	0.129412	0.200000

4.2. 植被覆盖度

根据上述 NDVI 值, 通过像元二分模型来计算区域的植被覆盖度。可将 NDVI 值分成三个部分, 当 NDVI 比 NDVI_{max} 大时, 植被覆盖度 f 的值为 1; 当 NDVI 比 NDVI_{min} 小时, 植被覆盖度 f 的值为 0; 当 NDVI 值处于 NDVI_{min} 与 NDVI_{max} 之间时, 使用公式 2 计算。在 ENVI5.3 中运用波段计算(Band math)工具进行波段运算 f 值, 其计算公式为:

$$\begin{aligned} & (b1 \leq NDVI_{min}) * 0 + (b1 > NDVI_{max}) * 1 \\ & + (b1 \geq NDVI_{min} \text{ and } NDVI_{max}) * ((b1 - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})) \end{aligned} \quad (3)$$

按照上述公式计算能够得到植被覆盖度 f, 我们可以将其分为五个等级, 即低植被覆盖度(0%~20%)、中低植被覆盖度(20%~40%)、中植被覆盖度(40%~60%)、中高植被覆盖度(60%~80%)、高植被覆盖度(80%~

100%)。将利用波段计算(Band math)工具将公式 3 带入,得到植被覆盖度的图转换成 ERDASIMAGINE 格式,加载在 ArcMap 中将其属性值即植被覆盖度等距分为五部分,得到了植被覆盖度分级图,如图 1、图 2 所示。

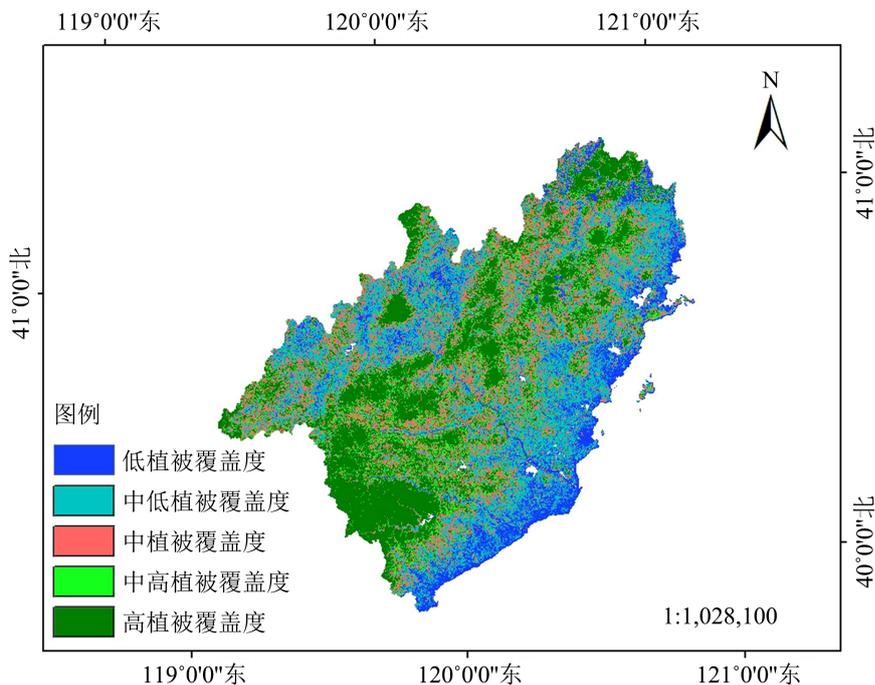


Figure 1. Vegetation coverage grading in Huludao City, 2001

图 1. 2001 年葫芦岛市植被覆盖度分级

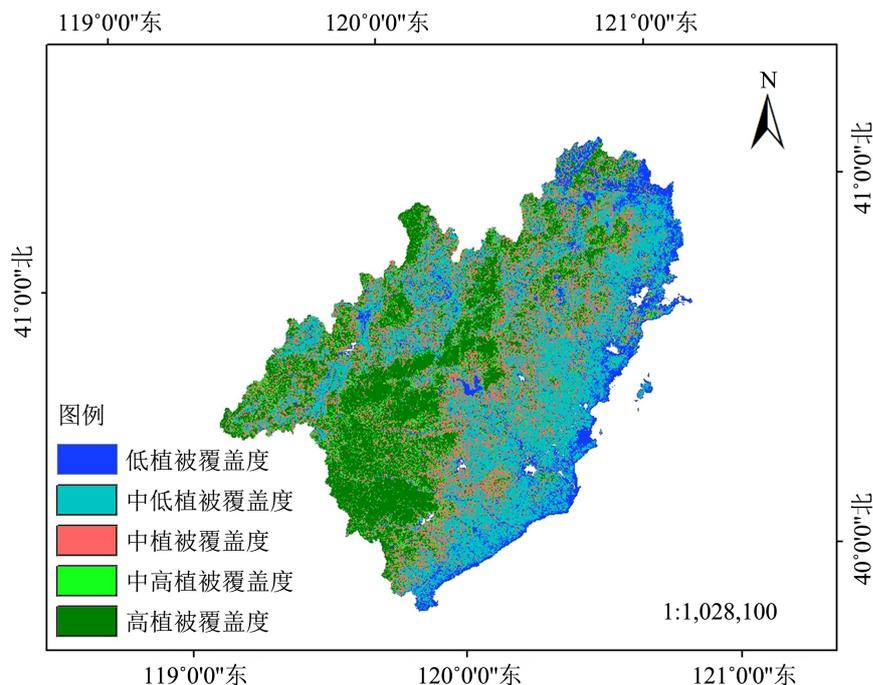


Figure 2. Vegetation coverage classification in Huludao City in 2018

图 2. 2018 年葫芦岛市植被覆盖度分级

5. 统计结果与覆盖度变化动态分析

根据公式(3)得出的结果,并统计各等级植被覆盖度,得出表3和表4。

Table 3. Area occupied by different levels of vegetation coverage in Huludao City

表 3. 葫芦岛市不同等级植被覆盖度所占面积(个)

年份	栅格	低植被覆盖度	中低植被覆盖度	中植被覆盖度	中高植被覆盖度	高植被覆盖度	合计
2001年		1,342,219	3,006,212	2,526,298	1,865,961	2,669,657	11,410,347
2018年		1,077,806	3,696,463	2,516,403	1,092,870	3,026,805	11,410,347

Table 4. Proportion and variation of vegetation cover at different levels in Huludao City

表 4. 葫芦岛市不同等级植被覆盖度所占比例及变化

	低植被覆盖度 (%)	中低植被覆盖度 (%)	中植被覆盖度 (%)	中高植被覆盖度 (%)	高植被覆盖度 (%)
2001年	11.76	26.34	22.14	16.36	23.40
2018年	9.44	32.39	22.05	9.60	26.52
2001~2018	-2.32	6.05	-0.09	-6.76	3.12
变化率(%)	-0.1973	0.2297	-0.0041	-0.4132	0.1333

由表3可得出2001~2018植被覆盖度各等级变化折线图,如图3所示:

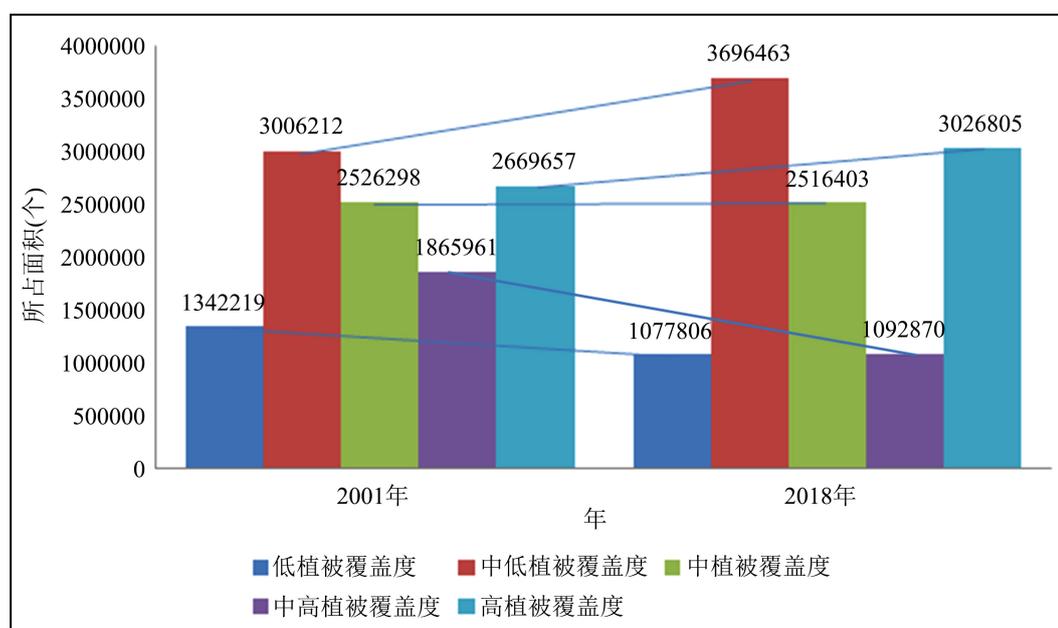


Figure 3. Line chart of changes in vegetation coverage by grade from 2001 to 2018

图 3. 2001~2018年植被覆盖度各等级变化折线图

从表中结果可知,低植被覆盖度和中低植被覆盖度分别在 2001 年和 2018 年达到了 11.76、9.44 和 26.34、32.39;而中高植被覆盖度和高植被覆盖度在 2001 年和 2018 年分别达到了 16.36、23.40 和 9.60、16.52。说明葫芦岛市 2001 年的植被覆盖度较低,植被数量较少,2018 年的植被覆盖度则较高,植被生长比较茂盛。低植被覆盖度、中植被覆盖度和中高植被覆盖度呈现下降的趋势,植被覆盖度较低的地区越来越少;中低植被覆盖度和高植被覆盖度则呈现上升趋势。从整体来看,葫芦岛市的植被覆盖度随着时间的变迁不断增高,植被的生长总体呈现愈来愈好的趋势。

6. 引起植被覆盖度分级和时空变化的原因

6.1. 自然因素

6.1.1. 地形因子的因素

葫芦岛市根据地形将全市分为西北山区、中部丘陵区 and 西南平原区,地势高度由西北向东南逐渐下降,松岭南麓和布石山南麓在葫芦岛的西北部形成了一道屏障。山区占葫芦岛总面积的 41%,丘陵影响植被生长,降低了该地区的植被覆盖率。

6.1.2. 坡度对植被覆盖度的影响

坡度是影响植被覆盖的空间分布的一个重要因素。缓坡区易蓄水保土,植物生长有先天优势,植被覆盖率相对较高。一般来说,在一定条件下,坡度与植被覆盖率成反比。葫芦岛有山地、丘陵和平原,海拔差异大,影响植物的生长,损害了葫芦岛地区的植被覆盖度。

6.1.3. 降水量对植被覆盖度的影响

地区降水量越大,植被生长状况越好,植被覆盖度越高。降水量与植被覆盖度成正比。葫芦岛地区处于温带季风气候区,夏季降雨丰富,而降雨又受地形影响。

6.2. 人文因素

6.2.1. 城市化对植被覆盖度的影响

城市化的发展速度代表着区域经济的发展情况和社会的进步程度,城市发展让人们的衣食住行更加便利;但面城市化在一定程度上破坏了自然环境,损害了植被覆盖度。在过去的几年里,城市化正在快速推进,减少了葫芦岛市一些地区的植被覆盖度。

6.2.2. 国家政策对植被覆盖度的影响

国家政策是把双刃剑。政府计划建设,土地的植被覆盖率就会降低。葫芦岛市矿产资源丰富,为了改善和保护生态环境,政府停止采矿工作,增加了植被覆盖度。

7. 总结

本文依据 NDVI 的像元二分法计算模型,运用 Landsat TM 和 OIL 遥感影像对葫芦岛市的植被覆盖度完成计算。综合各方面研究数据来看,2001 至 2018 年,葫芦岛市植被覆盖度等级越来越高,植被生长状态越来越好,部分地区因为人文因素和自然因素植被覆盖度有所降低。

参考文献

- [1] Tucker, C.J., et al. (1985) African Land-Cover Classification Using Satellite Data. *Science*, **227**, 369-375. <https://doi.org/10.1126/science.227.4685.369>
- [2] 卢玲, 李新, Veroustraete, F. 中国西部地区植被净初级生产力的时空格局[J]. *生态学报*, 2005, 25(5): 1026-1032.

-
- [3] 季劲钧, 黄玫, 刘青. 气候变化对中国中纬度半干旱草原生产力影响机理的模拟研究[J]. 气象学报, 2005, 6(3): 257-268.
- [4] 李小文, 刘素红. 遥感原理与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 145-158.
- [5] 刘源. 基于 LANDSAT 的沂蒙山区林草植被覆盖度动态特征[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京林业大学, 2017.
- [6] 吕丹红, 姜琦刚, 王德军, 葛锦涛. Landsat 数据的植被覆盖估计计算和景观格局分析[J]. 测绘科学, 2018, 43(11): 157-164.
- [7] 史晓亮, 王馨爽. 黄土高原草地覆盖度时空变化及其对气候变化的响应[J]. 水土保持研究, 2018, 25(4): 189-194.
- [8] 张佳华, 张国平, 王培娟. 植被与生态遥感[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 202-243.
- [9] 周昊昊, 冯恒栋. 基于遥感和 GIS 的珲春市生态环境动态监测与评价[J]. 延边大学学报(自然科学版), 2018, 44(2): 183-188.
- [10] 任啸科. 中国地理全知道[M]. 北京: 华文出版社, 2010: 290-291.
- [11] 韦玉春, 汤国安, 杨昕. 遥感数字图像处理教程[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 102.
- [12] 梅安新, 等. 遥感导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 246.
- [13] 唐梦迎, 丁建丽, 夏楠, 张喆. 博尔塔拉蒙古自治州植被覆盖度估计计算[J/OL]. 测绘科学, 2019(7): 1-10, 2019-04-26.
- [14] 魏建瑛, 徐建英, 樊斐斐. 卧龙自然保护区植被覆盖度变化及其对地形因子的响应[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(2): 440-449.