

DOI:10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202008014

基于 Landsat 遥感影像的围场县植被覆盖时空格局变化

周智勇^{1,2}

(1. 河北省水文工程地质勘察院, 河北 石家庄 050021; 2. 河北省遥感中心, 河北 石家庄 050021)

摘要: 基于 Google Earth Engine 遥感云平台收集 1987—2016 年 Landsat 系列遥感卫星影像, 采用像元二分模型对承德市围场满族蒙古族自治县植被覆盖度进行估算, 结合气象数据和地形信息, 分析近 30 年来研究区植被覆盖动态变化规律。结果表明: 围场县 1987—2016 年的归一化植被指数 (NDVI) 值总体上呈上升趋势, 全县 NDVI 平均值从 0.63 提高到了 0.78, 植被覆盖状况不断改善。研究区植被改善情况中, 1987—2016 年 NDVI 大于 0.15 的面积比例占到全县植被面积的 49.28%, 占比最大。1987—2016 年 NDVI 小于等于 -0.15 的植被面积比例仅为 0.82%。1987—2016 年, 各级植被覆盖度的转移矩阵体现出 2016 年的植被状况明显好于 1987 年, 极高覆盖度植被转入面积高达 7 991.84 km²。1987—2016 年植被覆盖景观破碎程度不断降低, 平均斑块面积指数从 13.147 8 扩大到 31.703 4, 植被覆盖类型趋于集中分布, 连通性好。研究区总体气候变化趋势对植被生长具有不利影响, 不同坡度和坡向的植被覆盖状况不同, 人类活动和社会经济因素的影响为研究区植被改善情况发挥着重要作用。

关键词: Landsat; 围场; NDVI; 植被覆盖度; 时空格局

中图分类号: P66

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2020)06-0081-10

Change in temporal-spatial pattern of vegetation coverage in Weichang County based on Landsat remote sensing image

ZHOU Zhiyong^{1,2}

(1. Hebei Provincial Prospecting Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Shijiazhuang, Hebei 050021, China; 2. Hebei Provincial Remote Sensing Centre, Shijiazhuang, Hebei 050021, China)

Abstract: Based on the Google Earth engine remote sensing cloud platform, the Landsat series remote sensing satellite images from 1987 to 2016 were collected, and the vegetation coverage of Weichang Manchu and Mongolian Autonomous County in Chengde was estimated by using the pixel binary model, and the dynamic changes in vegetation coverage in the study area in the past 30 years were analyzed through combining the meteorological data and terrain information. The results indicate that the normalized vegetation index (NDVI) value of Weichang County from 1987 to 2016 showed an overall upward trend, and the average NDVI value of Weichang County increased from 0.63 to 0.78, and the vegetation coverage status improved continuously. Among the vegetation improvement in the study area, 49.28% of the county's vegetation area was accounted for with the NDVI difference value > 0.15 from 1987 to 2016 (with the largest proportion), while the proportion of vegetation area with NDVI difference value less than -0.15 from 1987 to 2016 was only 0.82%. The transfer matrix of vegetation coverage at all levels from 1987 to 2016 shows that the vegetation condition in 2016 was obviously better than that in 1987, and the area of vegetation with extremely high coverage was 7 991.84 km². From 1987 to 2016, the fragmentation degree of vegetation coverage landscape decreased continuously, the average patch area index increased from 13.147 8 to 31.703 4, and the

收稿日期: 2020-08-14; 修订日期: 2020-09-16

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目 (DD20190310)

第一作者: 周智勇 (1980-), 男, 高级工程师, 主要从事生态环境遥感调查监测等研究工作。E-mail: 48062065@qq.com

vegetation coverage types tended to be centralized distribution with good connectivity. The overall climate change trend in the study area has adverse effects on vegetation growth. The vegetation coverage of different slope and aspect is different. The influence of human activities and socio-economic factors plays an important role in vegetation improvement in the study area.

Keywords: Landsat; paddock; NDVI; vegetation coverage; temporal and spatial pattern

植被是地理环境的重要组成部分之一,是土壤圈、大气圈和水圈等互相联系的纽带,在陆地表面能量交换、水分循环和生物地球化学循环过程中起着至关重要的作用。基于可见光和近红外光谱特征的遥感植被指数是指示植被活动和植被生产力的良好指标,其中归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)对植被的长势和生长量非常敏感,被广泛应用于植被活动研究中。贾宝全等^[1]利用 2004 年和 2010 年 TM 卫星影像数据构建 NDVI 差值指数,对石家庄市域范围的植被变化情况进行了定量分析。于泉洲等^[2]基于 Landsat NDVI 计算指标,研究了 1984—2013 年间长江口崇明东滩湿地植被活动的年际和季节变化特征。张超等^[3]利用多时相 Landsat 影像数据,使用像元二分模型将 NDVI 转换为植被覆盖度,对浙江省庆元县 1994—2007 年植被覆盖度及其动态变化进行研究。林玉英等^[4]基于 Landsat 影像提取的 NDVI 数据研究了闽江上游区域近 10 年的植被 NDVI 指数的时空变化特征及其影响因子。李恒凯等^[5]基于 Landsat 影像提取岭北矿区 4 个年份的植被覆盖度并进行分级,然后选取景观指数对分级影像进行景观格局计算和分析。丁春晓等^[6]选取 2003 年 4 月 Landsat TM 的一景遥感卫星图像作为实验数据,ASTER GDEM V2 作为高程数据,分析了地形起伏对 NDVI 变化的影响特征。

围场县位于河北省最北部,隶属于承德市,地处内蒙古高原、燕山余脉和辽河之源的华北、东北、西北交汇处,地形复杂,气候分异,植被资源丰富。境内的木兰围场原是清皇室的狩猎区,清末不合理的农业开垦使得原始森林植被遭到严重破坏,引起生态环境的恶化。建国后,以塞罕坝为代表的人工造林工程的实施,示范带动了围场县区域生态环境质量好转。围场县植被资源的保护状况和恢复速度,对维护京津乃至整个华北地区的生态安全起着至关重要的安全防卫作用^[7-9]。本文基于 1987—2016 年 Landsat 遥感影像,提取植被指数、植被盖度、景观指数等信息,探讨围场县近 30 年来区域植被变化的过程与特点,可为今后区域生态工程建设规划提供科学合理的参考依据,具有

极其重要的应用实践意义。

1 数据资料与方法

1.1 数据资料

美国陆地卫星 Landsat 系列已经连续成功发射了 7 颗对地观测遥感卫星,由于其长期连续对地观测且实现全球覆盖,同时具有中高空间分辨率和适中的时间分辨率等优势,广泛应用于植被等地表物信息提取。本研究利用谷歌地球引擎云平台(Google Earth Engine)进行多时相 Landsat 遥感影像数据资料的获取与预处理工作。

谷歌地球引擎简称 GEE,是先进的地理空间数据集科学分析和可视化云平台。它基于存档的 PB 数量级的卫星图像和地理空间数据集,利用 Python 和 JavaScript 应用程序编程接口 API,通过谷歌云计算功能,可以方便进行全球尺度的变化检测和趋势分析,适用于森林和水体的覆盖范围、土地利用变化或农田健康状况评估等多个领域。GEE API 支持复杂的地理空间分析,包括叠加、地图代数、数组操作、图像处理、分类、变化检测、时间序列分析、图像拼接、栅格矢量转换、基于矢量的图像统计提取等。GEE 存档的数据集包括全球 Landsat、MODIS、Sentinel、降水、海面温度和海拔数据等,支持导入第三方的图像和数据进行分析,分析结果也可以下载导出以供第三方工具使用^[10]。

本研究以 GEE 为技术支撑,所用数据集包括“LANDSAT / LT05 / C01 / T1_SR”、“LANDSAT / LE07 / C01 / T1_SR”、“LANDSAT / LC08 / C01 / T1_SR”,分别为 TM、ETM+、OLI/TIRS 传感器的地表反射率,T1 级数据质量高,在不同的 Landsat 传感器之间进行了相互校准,适合于时间序列处理分析。这些数据使用 LEDAPS 算法(Landsat 5 和 Landsat 7)和 LaSRC 算法(Landsat 8)进行了大气校正,使用 CFMASK 算法进行了云、阴影、水和雪掩膜,均采用立方卷积法重采样为 30 m × 30 m 像元大小。谷歌地球引擎云计算平台具有超强的遥感大数据处理能力,通过在该云平台上传研究区矢量边界,编写循环处理代

码,实现 1987—2016 年近 30 年长时间序列 Landsat5/7/8 卫星影像的 NDVI 计算、NDVI 最大值合成、影像拼接、裁剪及影像自动下载。需要说明的是,考虑到研究区地处寒温带,为了保证 NDVI 最大值反映的是研究区植被茂盛期的状况,只对历年 8 月的地表反射率数据进行计算。基于 GEE 云计算平台筛选海量数据,符合全研究区时间匹配、又尽可能少云条件的年份只有 1987、1991、1997、1999、2009、2010、2011 和 2016 年可以使用。将下载得到的 NDVI 最大值合成影像在 ArcGIS 10.5 软件中进行投影转换,以备开展相关的研究工作。

此外,收集了围场县气象站自 1952 年建站以来的月平均气温、月最高气温、月最低气温和月降水量数据以及围场县 ASTER GDEM(先进星载热发射和反射辐射仪全球数字高程模型)数据,用于分析区域植被覆盖与气候变化、地形因素的关系。

1.2 研究方法

1.2.1 归一化植被指数

NDVI 为近红外波段和可见光红光波段数值之差和这两个波段数值之和的比值,可以直观地反映区域的植被变化状况,在公式中用 I_{NDV} 表示。根据不同的传感器采用不同的波段进行地图代数计算。

Landsat 5 TM 或 Landsat 7 ETM + :

$$I_{NDV} = \frac{B_4 - B_3}{B_4 + B_3}$$

Landsat 8 OLI:

$$I_{NDV} = \frac{B_5 - B_4}{B_5 + B_4}$$

式中: B_x ——相应序号 x 波段的反射率。

1.2.2 植被指数差值分级

为了准确刻画不同年份植被的变化,利用同一位置、同一像元的 NDVI 差值进行分级分析。

$$\Delta I_{NDV} = I_{NDV_m} - I_{NDV_n}$$

式中: m, n ——时相, m 较 n 时间节点更新。

ΔI_{NDV} 的取值范围为 $[-2, 2]$ 。

有关研究指出^[11-12],当 NDVI 值 > 0.1 时,像元值才是植被像元,因此进行差值分析时只统计 NDVI 值 > 0.1 的区域。植被指数差值的等级划分: $NDVI \leq -0.15$ 为重度退化, $-0.15 < NDVI \leq 0$ 为轻微退化, $0 < NDVI \leq 0.15$ 为轻微改善, $NDVI > 0.15$ 为极度改善。

1.2.3 像元二分模型

植被覆盖度是指植被在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比。遥感估算植被覆盖度的常用方

法是基于 NDVI 的像元二分模型:

$$F_v = \frac{I_{NDV} - I_{NDV_{min}}}{I_{NDV_{max}} - I_{NDV_{min}}}$$

式中: I_{NDV} ——某年某像元 NDVI 的实际值;

$I_{NDV_{max}}, I_{NDV_{min}}$ —— NDVI 最大值与最小值^[13]。

根据研究结果,植被覆盖度共划分为 5 级,分级按照极低覆盖度 $F_v < 0.2$ 、低覆盖度 $0.2 \leq F_v < 0.4$ 、中覆盖度 $0.4 \leq F_v < 0.6$ 、高覆盖度 $0.6 \leq F_v < 0.8$ 和极高覆盖度 $F_v \geq 0.8$ 进行^[14]。

1.2.4 植被重心迁移模型

通过计算不同时期各级覆盖度植被的分布重心,可以从空间上描述各级植被覆盖度随时间的变化过程和迁移趋势。第 t 年植被斑块重心坐标及迁移距离为:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ti} \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ti}}$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ti} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_{ti}}$$

$$D = \sqrt{X_t^2 + Y_t^2}$$

式中: X_t, Y_t ——第 t 年某级植被斑块重心的经纬度坐标;

C_{ti} ——第 t 年该级植被第 i 个斑块的面积;

X_i, Y_i ——第 t 年该级植被第 i 个斑块的几何中心坐标;

N ——第 t 年该级植被的斑块数;

D ——迁移距离。

1.2.5 植被覆盖度转移矩阵

利用 ENVI 5.3 软件,通过对围场县 1987 年和 2016 年的植被覆盖度重分类图进行混淆矩阵计算,可得到各级植被覆盖度之间相互转化的数量关系,即植被覆盖度转移矩阵。

1.2.6 景观格局指数

景观指数是指能够高度浓缩景观格局信息,反应其结构的组成和空间配置某些方面特征的简单定量指标。选取边缘密度(ED)、斑块结合指数(COHESION)、景观分裂指数(DIVISION)、蔓延度(CONTAG)、平均斑块面积(AREA_MN)、景观形状指数(LSI)、斑块密度(PD)和聚集指数(AI)共 8 个指标对研究区的植被覆盖度景观格局特征进行分析,工具

软件为 Fragstats 4.2。

2 结果与分析

2.1 植被指数的区域总体特征

2.1.1 植被指数多年均值分析

图 1 是围场县 1987、1991、1997、1999、2009、2010、2011 和 2016 年各年 8 月份 NDVI 均值和标准差的统计情况。所研究年份多年 NDVI 均值达到 0.70, 各年标准差均较低, 说明全县的植被状况整体较好, 不同区域间 NDVI 的离散程度较低。在时间变化方面, 除 1999 年和 2009 年之外, 所研究年份全县 NDVI 的平均值呈上升趋势。1987 年与 2016 年相比, 全县 NDVI 平均值从 0.63 提高到了 0.78。总体来看, 全县域的植被生长状况明显朝着改善的方向发展。

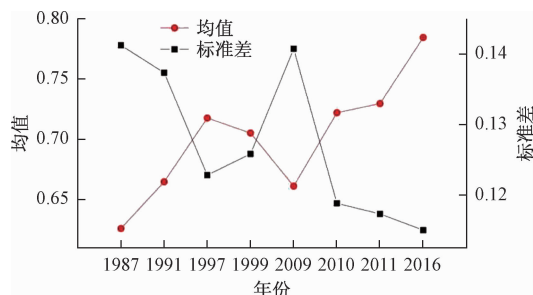


图 1 围场县各年 8 月份 NDVI 统计值

Fig.1 Statistics of NDVI value of Weichang County in August of each year

图 2 是围场县研究年份 8 月份 NDVI 多年均值空间分布情况。异常值为少量的云、水等产生的 NDVI 负值情况。北部的塞罕坝机械林场植被指数明显较高。包括县城所在地围场镇在内的伊逊河流域是围场

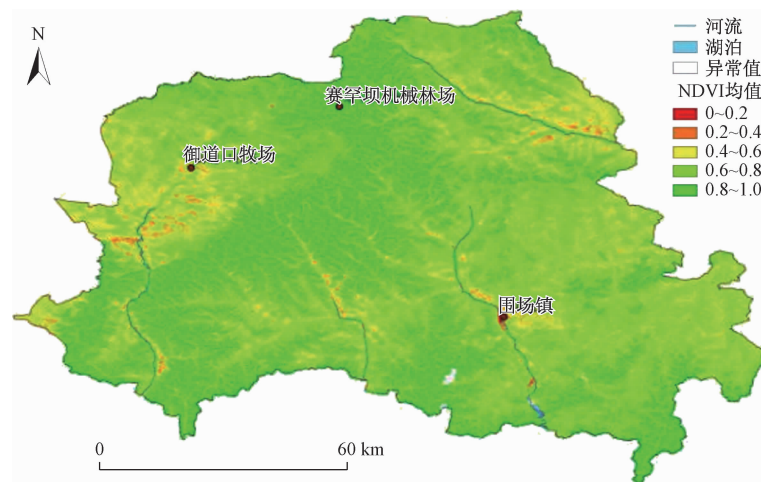


图 2 围场县多年 8 月份 NDVI 均值

Fig.2 Average NDVI value of Weichang County in August

县的主要经济区, 流域内植被指数相对较低。其次在小滦河、伊玛图河和阴河等河流附近区域, 特别是西北的小滦河和北部的阴河附近也有大面积 NDVI 低值。从乡镇范围来看, 植被指数均值较低的地区包括围场镇、小滦河流域的御道口牧场、御道口乡、老窝铺乡、卡伦后沟牧场和阴河流域的三义永乡、山湾子乡、张家湾乡、新拨乡等。

2.1.2 植被指数差值变化分析

图 3 是围场县 2016 年和 1987 年 NDVI 差值统计结果。从总的植被指数差值结果看, 围场全县的植被变化以极度改善为主, 该类型的面积比例占到全县植被面积的 49.28%, 其次为轻微改善, 面积比例占到全市植被面积的 46.67%。总体上植被改善面积比例高达 95.96%, 植被退化面积比例仅为 4.04%, 其中重度退化的植被面积比例仅为 0.82%。从区域分布来看, 塞罕坝机械林场由于所研究年份植被本底基础较好, 主要表现为轻微改善的状况。重度退化区为伊逊河流域内的围场镇等主要经济带, 围场县东部的舍路嘎河流域也是植被重度退化区。此外, 在围场县西北的御道口乡、御道口牧场内呈散点状分布着一些植被重度退化区, 多为居民点所在地。这些区域是今后生态建设应该予以重点关注的地区。

2.2 植被覆盖度的时空变化特征

2.2.1 植被覆盖度等级变化特征

通过对围场县历年各等级植被覆盖度进行统计得到表 1, 极低覆盖度、低覆盖度、中覆盖度植被面积所占的比例总体上呈下降的趋势。高覆盖度植被所占比例除 2016 年外, 总体上趋于稳定, 在 42% ~ 45%,

2016 年下降到了 27.41%, 面积从 1987 年的 5 445.37 km² 减少为 3 333.29 km²。极高覆盖度的植被面积所占比例除 1999 年、2009 年有所下降外, 总体

呈上升趋势, 1987 年所占比例为 17.89%, 2016 年增加为 65.71%, 出现了大幅度的提升。这一变化情况说明, 围场县的植被覆盖情况整体上有较大改善。

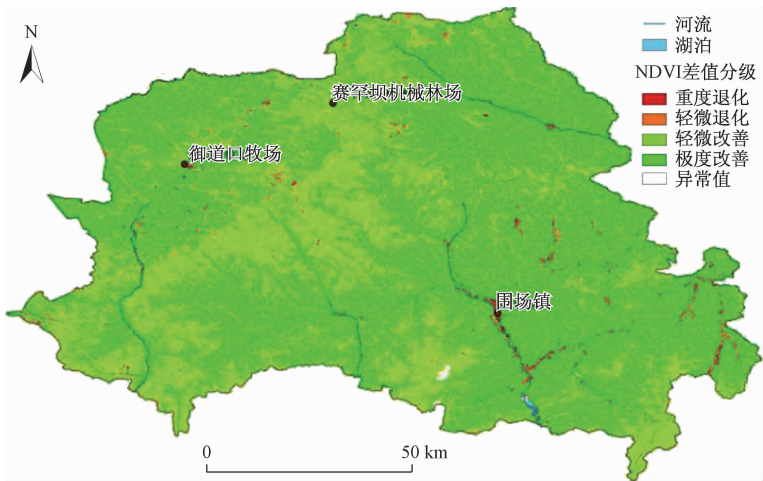


图 3 围场县 2016 年和 1987 年 NDVI 差值分级

Fig. 3 Difference classification of NDVI value of Weichang County in 2016 and 1987

表 1 围场县历年各等级植被覆盖度面积和比例

Table 1 Vegetation coverage area and proportion of Weichang County over the past years

年份	极低覆盖度		低覆盖度		中覆盖度		高覆盖度		极高覆盖度	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
1987	74.88	0.62	906.32	7.45	3 560.04	29.27	5 445.37	44.77	2 175.78	17.89
1991	44.88	0.37	582.28	4.79	2 742.12	22.55	5 481.67	45.07	3 311.44	27.23
1997	32.43	0.27	275.18	2.26	1 514.51	12.45	5 177.54	42.57	5 162.73	42.45
1999	27.82	0.23	329.82	2.71	1 780.23	14.64	5 424.78	44.60	4 599.74	37.82
2009	13.36	0.11	603.98	4.97	3 115.78	25.62	5 151.13	42.35	3 278.14	26.95
2010	23.74	0.20	242.42	1.99	1 382.35	11.37	5 394.32	44.35	5 119.55	42.09
2011	17.89	0.15	197.00	1.62	1 308.48	10.76	5 270.60	43.34	5 368.42	44.14
2016	22.27	0.18	133.52	1.10	681.46	5.60	3 333.29	27.41	7 991.84	65.71

从表 1 可以看出, 近年来围场县植被覆盖等级以高或极高覆盖度分布为主。为了进一步了解区域内不同地区的植被覆盖随时间的变化情况, 选择围场镇、塞罕坝机械林场和御道口牧场 3 个典型区域, 分别以行政界线为单元统计其极高覆盖度面积所占比例的变化, 见图 4。塞罕坝机械林场所研究年份植被本底基础较好, 1987 年极高植被覆盖度面积所占比例已经接近 40%, 至 1997 年增大到 75.05%。在 1999 年降低到 57.56%, 之后一直保持增加的趋势, 到 2016 年所占比例高达 88.58%。御道口牧场极高植被覆盖度面积所占比例在 1991 年达到高峰, 为 54.40%, 之后几年间持续下降, 到 2009 年所占比例为 12.95%。2009 年至今, 罕坝同样呈现增加的趋势变化。围场镇在 2011 年之前极高植被覆盖度面积所占比例稳步提升, 由 1987 年的 16.73% 增至 2011 年的 35.69%, 而 2016

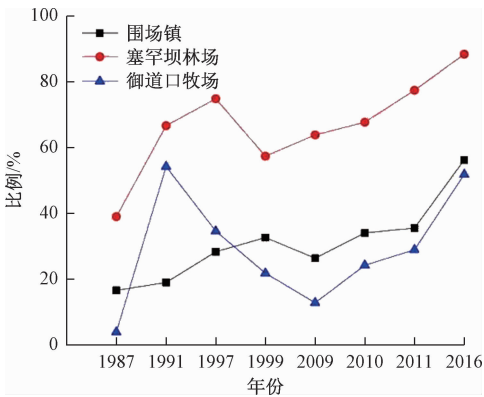


图 4 典型区极高植被覆盖度面积所占比例的变化

Fig. 4 Change in the proportion of extremely high vegetation coverage area in the typical area

年所占比例进一步迅速增大至 56.43%。从典型区统计结果看, 自 2009 年以来, 无论是本底条件较好的保

护区,还是人类活动频繁的城镇地区,极高植被覆盖情况均呈现改善趋势。御道口牧场和塞罕坝机械林场均为木兰围场自然保护区的一部分,塞罕坝以森林植被为主,御道口以草地类型为主,两者不同的植被类型和保护政策,造成早中期植被恶化情况发生和持续的时间均有所不同。需要说明的是,这里的围场镇统计结果是以整个乡镇范围进行统计的,不能反映县城建成区植被覆盖的变化情况。

利用迁移模型,计算出历年各级植被覆盖度的重心坐标,并根据坐标绘制出围场县历年各级植被覆盖度重心迁移图。由图 5 可知,极低覆盖度植被地区主要集中在东南部,而低覆盖度、中覆盖度、高覆盖度、极高覆盖度地区主要集中在西北部,这说明围场县西北部整体比东南部植被覆盖状况要好。具体来看,1987—2016 年,极低覆盖度、低覆盖度植被重心均是向西南方向迁移,分别迁移了 16.53 km 和 14.95 km;而中覆盖度、高覆盖度、极高覆盖度植被重心均是向东北方向迁移,分别迁移了 1.77 km、5.33 km 和 7.97 km。其中,极低覆盖度植被重心迁移距离最大,中覆盖植被重心迁移距离最小。

根据 1987 年和 2016 年两年的植被覆盖度分布结果可生成一个转移矩阵(表 2),分析转移矩阵可以得到 1987 年和 2016 年围场县各级植被覆盖度相互转化的情况。极低覆盖度的转出面积为 71.05 km²,转入面积为 18.45 km²,转出面积大于转入面积,这说明极低覆盖度植被面积在减少。低植被覆盖度的转出面

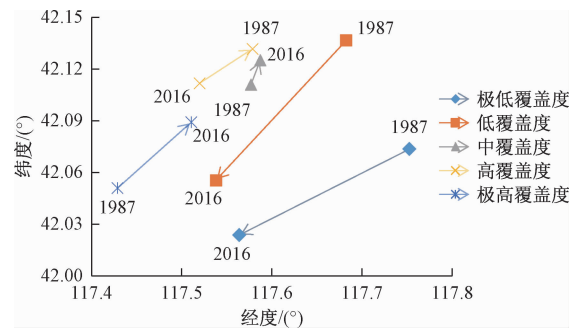


图 5 围场县历年各级植被覆盖度重心迁移图

Fig. 5 Gravity center of vegetation coverage at all levels in Weichang County over the past years

积为 851.14 km²,转入面积为 78.32 km²,转出面积远大于转入面积,这说明低植被覆盖度的面积发生了大幅度减少,其中转出为高覆盖度的面积最大。中覆盖度的转出面积为 3 263.51 km²,转入面积为 385.16 km²,中覆盖度的植被面积也发生了显著减少,其中转出为高覆盖度的比例最大,达到了 51.94%。高覆盖度的转出面积为 4 461.27 km²,转入面积为 2 349.18 km²,面积有所减少,且 79.78% 的面积都转化为了极高覆盖度。极高覆盖度的转出面积为 42.9 km²,转入面积为 7 991.84 km²,转入面积远大于转出面积,说明极高覆盖度的植被面积大幅增加。这一系列变化体现出 2016 年的植被状况明显好于 1987 年,生态环境明显得到改善,大部分低级别覆盖度区转化为较高覆盖度区。

表 2 围场县 1987 年和 2016 年的植被覆盖率变化转移矩阵

Table 2 Change transfer matrix of vegetation coverage of Weichang County in 1987 and 2016

年份	极低覆盖度		低覆盖度		中覆盖度		高覆盖度		极高覆盖度	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
极低覆盖度	3.83	5.12	7.32	0.81	6.83	0.19	4.02	0.07	0.28	0.01
低覆盖度	12.98	17.34	55.19	6.09	44.80	1.26	19.55	0.36	0.99	0.05
中覆盖度	24.78	33.09	262.79	28.99	296.52	8.33	93.35	1.71	4.04	0.19
高覆盖度	22.64	30.24	439.91	48.54	1 849.04	51.94	984.11	18.07	37.59	1.73
极高覆盖度	10.65	14.22	141.12	15.57	1 362.84	38.28	4 344.35	79.78	2 132.88	98.03

2.2.2 植被覆盖度景观格局变化特征

在景观水平上选取了八个主要景观指数对围场县历年的植被景观格局特征及变化进行分析,结果见表 3。1987—2016 年间,边缘密度(ED)、斑块密度(PD)、斑块数量(NP)和景观形状指数(LSI)除 1999 年和 2009 年外,均呈下降趋势,而平均斑块面积(AREA_MN)除 1999 年和 2009 年外,均呈上升趋势,这说明从总体上看,较小的斑块在空间上开始出现连片化,破碎化的程度在减轻,斑块的复杂程度在降低,

形状趋于规则化,不易受到周边景观要素的影响。聚集度(AI)除 2009 年外均呈现增加的趋势,蔓延度(CONTAG)除 1999 年外也均呈现增加的趋势,这说明破碎的小斑块逐渐形成较大的斑块,景观斑块的延展性及连通性均有所升高,多样性减少。斑块结合指数(COHESION)除 1999 年和 2009 年外,均呈现小幅度上升趋势,且历年值均在 99.95 以上,反映了景观斑块类型物理连接度高,景观由少数聚集的大斑块构成。结合多项指数从总体上来看,围场县历年的植被景观

斑块破碎度降低,形成了大斑块,斑块的延展性和连通性提高,多样性减小。

表 3 围场县历年景观格局指数

Table 3 Statistics of landscape pattern index of Weichang County over the past years

年份	PD	ED	LSI	AI	COHESION	CONTAG	AREA_MN	NP
1987	7.605 8	56.345 8	137.087 4	91.480 5	99.946 2	45.097 5	13.147 8	68 592
1991	6.294 4	44.037 9	107.871 4	93.326	99.957 1	55.725 7	15.887 2	56 765
1997	4.883 7	27.27	68.068 6	95.839 4	99.966	72.770 5	20.476 2	44 043
1999	5.344 1	31.483 2	78.069 9	95.207 8	99.964 4	68.747 2	18.712 2	48 195
2009	5.845 7	41.35	101.491 1	93.729 6	99.954 6	55.277 2	17.106 5	52 719
2010	4.018	22.198 9	56.031 2	96.600 3	99.965 1	75.413 3	24.887 8	36 236
2011	3.630 6	20.067 6	50.972 1	96.919 7	99.966 2	77.658 4	27.543 7	32 742
2016	3.154 2	14.216 3	37.082 5	97.796 3	99.968 9	84.820 4	31.703 4	28 446

2.3 植被变化的影响因素分析

2.3.1 与气候变化的关系

植被的变化受人类活动及外部作用等多种因素的综合影响,其中气候因素中气温和降水被认为是影响植被变化的重要因素。由于研究年份数量较少,仅从总体趋势和异常年份来简单分析植被覆盖度受气象条件的影响。

由图 6 看出,除 1987 年之外,其他年份 8 月份降水量变化趋势总体与植被覆盖度保持一致。而植被覆盖度高低与 8 月份平均气温、最高气温和最低气温的关系不明显。在植被覆盖度多年变化中,2009 年异常变低显著,单独分析这一年 8 月份的气象条件可以看出,月降水量低,月平均气温较高,特别是月最高气温为所研究年份最高值,月最低气温为所研究年份最低值,月间气温变化大,严重影响植被的水分状况,造成植被生长状况较差。

从图 7 可以看出,围场的气候变化基本上属于暖干类型,即年降水量呈现缓慢递减趋势,而气温呈现缓慢升高的变化趋势。从自然地理属性来看,这种变化非常不利于自然植被的良好发育和演替。由于该地区属寒温带大陆性季风气候,具有雨热同期的特点,因此夏季(6—8 月)降水和气温的变化对于植被的生长发育也具有非常重要的影响。从夏季气温情况来看,呈现缓慢升高的变化趋势。从夏季降水情况来看,不仅夏季降水量呈现了下降的变化趋势,而且其在全年降水量中所占的比重也呈现了逐年下降的趋势。需要说明的是,围场县地形复杂,坝上坝下地区气候分异显著,局部地区植被覆盖度受气象条件的影响也可能有所不同。从围场镇气象台站观测记录来看,其气候变化趋势对于区域植被生态建设具有不利的影响。从另一方面说明,NDVI 和植被覆盖度反映出来的植被变化结果受人为因素影响很大。清代后期至建国初期,

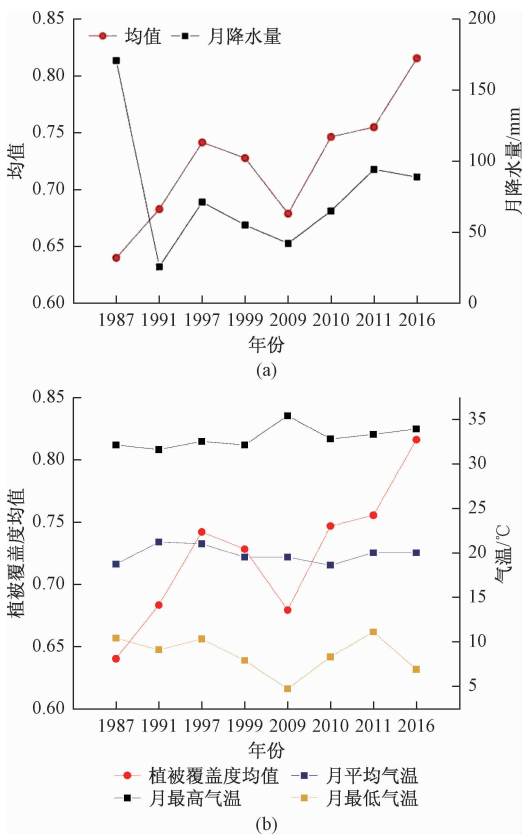


图 6 围场县各年 8 月份植被覆盖度与气温和降水量的关系
Fig. 6 Relationship between vegetation coverage and precipitation and temperature in August in Weichang County

木兰围场—塞罕坝地区周缘人口急剧增加,人们对环境问题缺乏足够的认识,发生了植被减少、水土流失、地表侵蚀及沙化等一系列问题。自 1962 年以来,国家在此组建了国有林场,三代塞罕坝人通过五十多年大规模的生态建设,在荒漠沙地上创造了荒原变林海的人间奇迹,使区域生态状况得到了根本改善,铸就了“牢记使命、艰苦创业、绿色发展”的塞罕坝精神,成为

全国生态文明建设的生动范例,并被联合国授予“2017 地球卫士·行动与激励奖”称号^[15]。

2.3.2 受地形特征的影响

为揭示地形分布特征对植被覆盖度的影响,根据围场县的 DEM 数据生成坡度和坡向分级图,对历年植被覆盖度进行分区统计(图 8)。围场县全县在各级坡度中,陡坡的植被覆盖度均值最高,平坡的植被覆盖度均值最低,植被覆盖度高的地区主要集中在斜坡、陡坡

和急坡。围场县的植被覆盖度较高的地区同样主要集中在陡坡、斜坡和急坡。塞罕坝机械林场斜坡、陡坡、急坡、险坡等级坡度的植被覆盖度均值较高且大致相等,平坡的植被覆盖度均值最低。御道口牧场陡坡和急坡为植被覆盖度均值最高的地区,且大致相等。在坡向方面,围场县全县、围场镇、塞罕坝机械林场、御道口牧场在阴坡的植被覆盖度均值最高,阳坡的植被覆盖度均值最低。

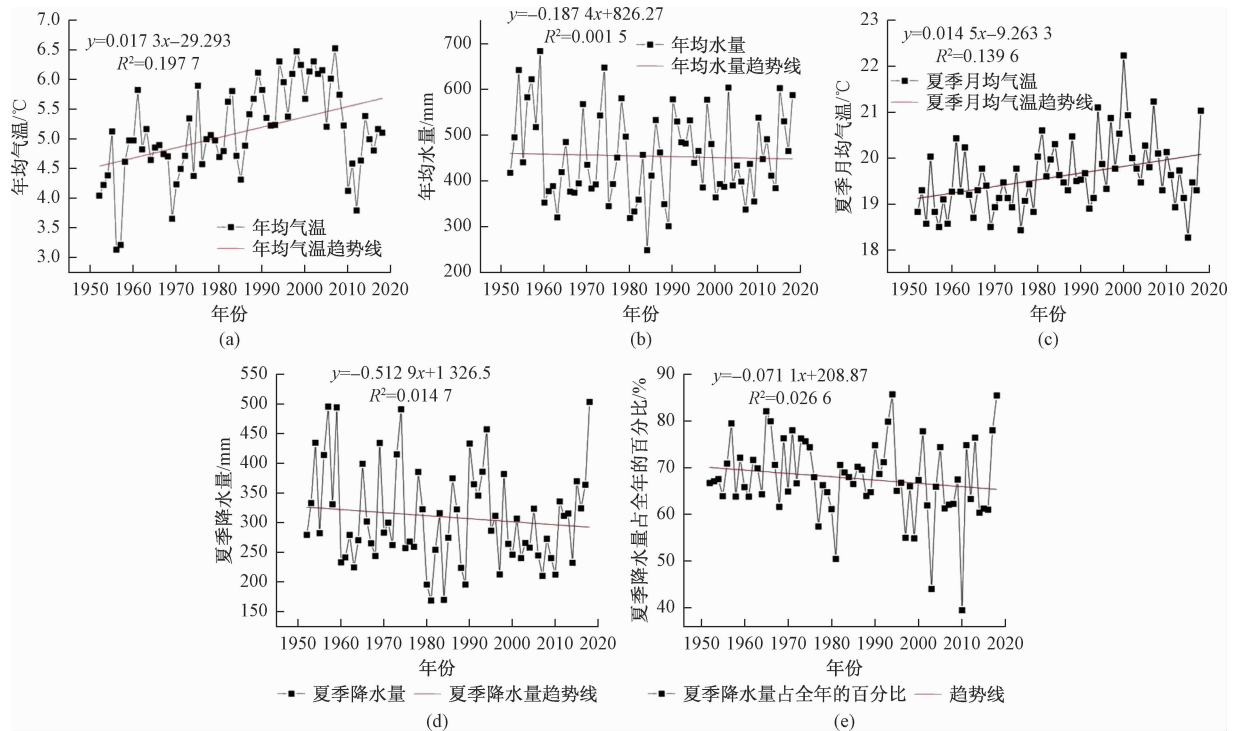


图 7 围场县 1952—2018 年年均气温、年降水量、夏季月均气温、夏季降水量及降水量占全年的百分比变化

Fig. 7 Change in annual average temperature, precipitation, monthly average temperature, summer precipitation, percentage of summer precipitation of Weichang County from 1952 to 2018

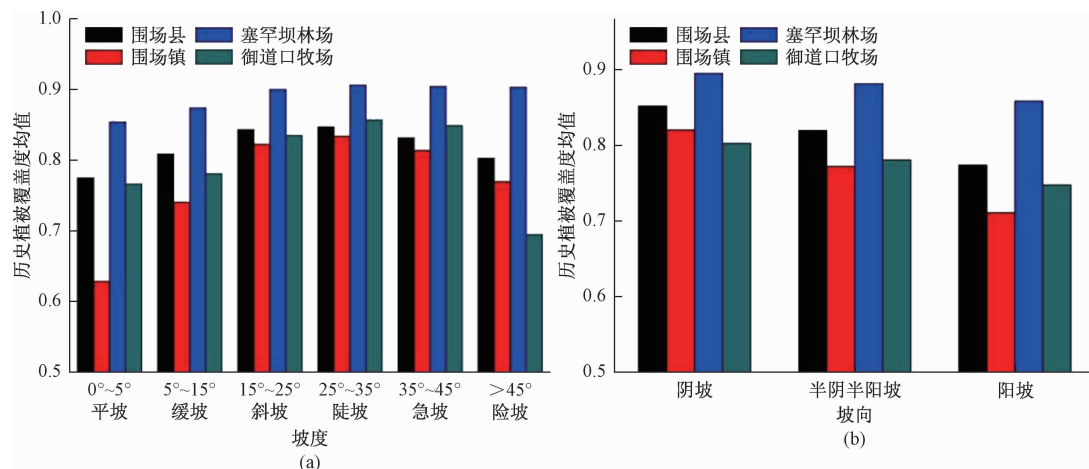


图 8 围场县历年植被覆盖度均值与坡度、坡向的关系

Fig. 8 Relationship between the mean value of vegetation coverage and slope and slope direction in Weichang County over the past years

根据围场县实际情况和有关高程分类标准^[16],将围场县划分为低海拔山地、高原(500~1 000 m),中海拔山地、高原(1 000~2 236 m)2个等级,统计相应分级的植被覆盖度均值可知,围场县整体海拔较高,低海拔山地、高原的植被覆盖度均值为0.65,而中海拔山地、高原的植被覆盖度均值为0.71。

3 结论

(1)选取 NDVI 值作为衡量植被状况的因子,能很好地反映地表植被状况的变化。围场县自1987年到2016年全区 NDVI 的平均值整体呈上升趋势,植被生长状况明显朝着改善的方向发展,且多年 NDVI 均值都高达0.7,不同区域间差异较低,植被状况整体较好,以高覆盖度和极高覆盖度为主。对比1987年和2016年 NDVI 差值结果,围场全县植被改善面积比例高达95.96%,植被退化面积比例仅为4.04%。

(2)从围场县1987年和2016年的植被覆盖率变化转移矩阵可知,较低植被覆盖度向较高植被覆盖度转移面积较大,体现出了围场县植被覆盖度逐渐改善的趋势,2016年的植被覆盖情况要明显好于1987年。从围场县1987—2016年各级植被覆盖度重心转移模型中可知,西北部植被覆盖度较高且向东北方向迁移,东南部植被覆盖度较低且向西南方向迁移。

(3)通过对围场县历年的植被景观格局指数进行分析,1987—2016年小斑块逐渐变为大斑块,景观破碎程度不断降低,体现了植被覆盖集中,连通性好的特点。

(4)气候因素和地形因素对植被的覆盖情况有一定的影响,研究区的气候变化趋势总体上对植被生长具有不利影响;不同坡度的植被覆盖状况不同,总体上较高植被覆盖度主要在陡坡、急坡等地区,较低植被覆盖度主要在平坡和缓坡地区;在坡向方面,总体上阴坡植被覆盖度要好于阳坡;在高程方面,中海拔山地、高原植被覆盖度较高。此外,人类活动和社会经济因素的影响也对研究区植被改善情况发挥着重要作用。

(5)塞罕坝机械林场区域植被本底基础较好,植被覆盖度均值最高。而伊逊河流域内的围场镇经济带,围场县西北的御道口乡、御道口牧场等居民点集聚地植被退化现象严重,是今后生态建设应该予以重点关注的地区。

参考文献 (References):

[1] 贾宝全,邱尔发. 石家庄市域近期植被变化及其

驱动因素分析[J]. 干旱区地理, 2014, 37(1): 106-114. [JIA B Q, QIU E F. Vegetation changes and its driving factors in Shijiazhuang City from 2004 to 2010 based on Landsat TM image[J]. Arid Land Geography, 2014, 37(1): 106-114. (in Chinese)]

[2] 于泉洲,梁春玲,刘煜杰. 近30年长江口崇明东滩植被对于气候变化的响应特征[J]. 生态科学, 2014, 33(6): 1169-1176. [YU Q Z, LIANG C L, LIU Y J. Vegetation responses to climatic change in Yangtze River Delta wetlands during the past 30 years[J]. Ecological Science, 2014, 33(6): 1169-1176. (in Chinese)]

[3] 张超,余树全,李土生. 基于多时相 Landsat 影像的庆元县植被覆盖变化研究[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28(1): 72-79. [ZHANG C, YU S Q, LI T S. Image analysis of vegetation coverage and changes (1994—2007) in Qingyuan County using multi-temporal Landsat remote sensing[J]. Journal of Zhejiang A & F University, 2011, 28(1): 72-79. (in Chinese)]

[4] 林玉英,胡喜生,邱荣祖,等. 基于 Landsat 影像的 NDVI 对植被与影响因子交互耦合的响应[J]. 农业机械学报, 2018, 49(10): 212-219. [LIN Y Y, HU X S, QIU R Z, et al. Responses of landsat-based NDVI to interaction of vegetation and influencing factors[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(10): 212-219. (in Chinese)]

[5] 李恒凯,雷军,杨柳. 基于 Landsat 影像的离子稀土矿区植被覆盖度提取及景观格局分析[J]. 农业工程学报, 2016, 32(10): 267-276. [LI H K, LEI J, YANG L. Extraction of vegetation coverage and analysis of landscape pattern in rare earth mining area based on Landsat image[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(10): 267-276. (in Chinese)]

[6] 丁春晓,周汝良,叶江霞,等. 地形起伏对陆地卫星的 NDVI 影响研究[J]. 林业资源管理, 2016, 8(4): 101-106. [DING C X, ZHOU R L, YE J X, et al. Study on the effect of topographic relief on NDVI of Landsat[J]. Forest Resources Management, 2016, 8(4): 101-106. (in Chinese)]

[7] 李永祥,邓丽娟,赵会艳,等. 浅析木兰围场自然保护区的演变过程[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(16): 141. [LI Y X, DENG L J, ZHAO H Y, et al. Analysis of the evolution process of mulanweichang nature reserve[J]. Anhui Agricultural Science

- Bulletin, 2010, 16(16): 141. (in Chinese)]
- [8] 张淑兰, 张海军, 徐成立, 等. 河北木兰围场自然保护区现状及发展对策研究[J]. 河北林果研究, 2006, 21(4): 460 – 464. [ZHANG S L, ZHANG H J, XU C L, et al. Study on the current situation and development strategies of Mulanweichang Nature Reserve in Hebei Province [J]. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 2006, 21(4): 460 – 464. (in Chinese)]
- [9] 苏王新, 李卓, 陈书琴, 等. 河北坝上地区植被覆盖演化特征及其风险评估[J]. 干旱区研究, 2018, 35(3): 686 – 694. [SU W X, LI Z, CHEN S Q, et al. Evolution trend of vegetation coverage and its risk assessment in the Bashang region in Hebei Province[J]. Arid Zone Research, 2018, 35(3): 686 – 694. (in Chinese)]
- [10] 郝斌飞, 韩旭军, 马明国, 等. Google Earth Engine 在地球科学与环境科学中的应用研究进展[J]. 遥感技术与应用, 2018, 33(4): 600 – 611. [HAO B F, HAN X J, MA M G, et al. Research progress on the application of google earth engine in geoscience and environmental sciences [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2018, 33(4): 600 – 611. (in Chinese)]
- [11] 陈晋, 陈云浩, 何春阳, 等. 基于土地覆盖分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用[J]. 遥感学报, 2001, 5(6): 416 – 422. [CHEN J, CHEN Y H, HE C Y, et al. Sub-pixel model for vegetation fraction estimation based on land cover classification [J]. Journal of Remote Sensing, 2001, 5(6): 416 – 422. (in Chinese)]
- [12] 周洪建, 王静爱, 岳耀杰, 等. 人类活动对植被退化/恢复影响的空间格局——以陕西省为例[J]. 生态学报, 2009, 29(9): 4847 – 4856. [ZHOU H J, WANG J A, YUE Y J, et al. Research on spatial pattern of human-induced vegetation degradation and restoration: a case study of Shaanxi Province [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 4847 – 4856. (in Chinese)]
- [13] 吕丹红, 姜琦刚, 王德军, 等. Landsat 数据的植被覆盖估算和景观格局分析[J]. 测绘科学, 2018, 43(11): 157 – 164. [LV D H, JIANG Q G, WANG D J, et al. Estimation of vegetation cover and analysis of landscape pattern base on Landsat data [J]. Science of Surveying and Mapping, 2018, 43(11): 157 – 164. (in Chinese)]
- [14] 贾宝全. 基于 TM 卫星影像数据的北京市植被变化及其原因分析[J]. 生态学报, 2013, 33(5): 1654 – 1666. [JIA B Q. Driving factor analysis on the vegetation changes derived from the Landsat TM images in Beijing[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(5): 1654 – 1666. (in Chinese)]
- [15] 常伟强. 塞罕坝机械林场森林资源动态变化分析[J]. 林业资源管理, 2018(6): 13 – 17. [CHANG W Q. Analysis on dynamic changes of the forest resources in Saihanba mechanized forest farm [J]. Forest Resources Management, 2018(6): 13 – 17. (in Chinese)]