

孙冬杰,孙旭,刘军,等.鄂尔多斯市棋盘井镇植被覆盖度变化空间特征[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2021,36(3):117-124. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2021.03.017

SUN D J, SUN X, LIU J, et al. Spatial Characteristics of Vegetation Cover Change in Qipanjing Town, Ordos [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2021, 36(3):117-124. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2021.03.017

鄂尔多斯市棋盘井镇植被覆盖度变化空间特征

孙冬杰,孙旭*,刘军,景艳宾,郝源

(内蒙古农业大学 沙漠治理学院,内蒙古 呼和浩特 010011)

摘要:通过2001年、2009年和2017年3期Landsat影像及DEM数据,基于像元二分模型,利用重心迁移、动态度模型、差值分析等方法,分析了鄂尔多斯市棋盘井镇植被覆盖度时空变化特征,并探讨了地形因子对研究区植被覆盖度空间分布的影响。结果表明:在整个研究期,棋盘井镇植被覆盖度总体呈上升趋势,植被覆盖以中、高植被覆盖度为主,所占比重达到65.0%以上;动态度分析中,极低植被覆盖度动态度变化程度很大,低植被覆盖度动态度变化程度中等;中、东部空间变化明显,极低、低植被覆盖度向西南方向迁移,中、高植被覆盖度向东北方向迁移;植被覆盖度随着高程、坡度的增长呈逐渐递减的趋势,在高程为1 000~1 600 m、坡度为 $<3^\circ$ 时植被覆盖度较高,坡向对植被覆盖度的影响不明显。结论:棋盘井镇植被覆盖度整体呈上升趋势,高程、坡度是影响棋盘井镇植被覆盖度空间分布的主要地形因子。

关键词:植被覆盖度;动态度;重心迁移;地形因子

中图分类号:TP79;Q948

文献标志码:A

文章编号:1672-9102(2021)03-0117-08

Spatial Characteristics of Vegetation Cover Change in Qipanjing Town, Ordos

SUN Dongjie, SUN Xu, LIU Jun, JING Yanbin, HAO Yuan

(College of Desert Control Science and Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010011, China)

Abstract: Taking Qipanjing Town of Ordos City as the research object, based on Landsat images and DEM data from 2001, 2009 and 2017, the vegetation coverage was extracted by pixel dichotomy model. Additionally, the temporal and spatial variation of vegetation coverage in the study area was analyzed via center of gravity migration, dynamic attitude model and difference analysis. Furthermore, the influence of topographic factors on the spatial distribution of vegetation coverage was investigated. The results showed that the vegetation coverage in Qipanjing Town display an overall upward trend during the study period, with medium and high vegetation coverage accounting for more than 65.0%. In the dynamic attitude analysis, the dynamic degree of extremely low vegetation coverage change greatly, while the dynamic degree of low vegetation coverage change moderately. The spatial changes in the middle and eastern regions are obvious, the ultralow and low vegetation coverage move to the southwest, and the medium and high vegetation coverage move to the northeast. The vegetation coverage decrease gradually with the increase of elevation and slope. When the elevation is between 1 000-1 600 m and the slope is less than 3° , the vegetation coverage is higher, but slope direction show no obvious effect on vegetation

收稿日期:2020-07-19

基金项目:内蒙古自然科学基金资助项目(201802107-RZ1900003659)

*通信作者,E-mail:1637772590@qq.com

coverage. The vegetation coverage of Qipanjing Town show an overall upward trend, and the elevation and slope are the main topographic factors affecting the spatial distribution of vegetation coverage of Qipanjing Town.

Keywords: fractional vegetation coverage; dynamic attitude; center of gravity migration; topographic factor

植被作为生态系统重要的组成部分,在物质循环、生态平衡中占据重要地位,同时,植被变化是引起区域生态环境变化的重要因素^[1-3].近年来,在人类活动干扰和气候变化的持续影响下,植被遭到破坏,生态环境趋于敏感,自然灾害频频发生,对区域植被覆盖度的研究也受到了广泛关注.

目前,关于内蒙古鄂尔多斯地区的植被覆盖度(Fractional Vegetation Coverage, FVC)变化的相关研究:王瑾等分析了2005年—2018年内蒙古自治区植被覆盖度变化强度和趋势^[4];侯勇等、穆少杰等分析了气候变化和人类活动对内蒙古地区植被覆盖变化的响应机制^[5-6];佟斯琴等利用强度分析指出了1982年—2010年内蒙古植被覆盖度的变化^[7];孙红等分析了3个时期地形因素对内蒙古地区植被覆盖度变化的影响^[8];田海静等对鄂尔多斯准格旗的植被覆盖度时空变化进行了转移矩阵分析以及驱动力分析^[9];于小飞等利用主成分分析法对鄂尔多斯乌审旗植被覆盖度与降水的关系进行了探究^[10].综上所述,相关学者主要利用趋势分析法,对长时间序列的内蒙古地区植被覆盖度变化进行研究,而对于生态脆弱的局部地区研究较少,同时,应用重心迁移模型、动态度等新方法对植被覆盖度空间变化规律的探索也较少.

鄂尔多斯市棋盘井镇作为内蒙古的工业重镇,是“煤炭金三角”的重要组成部分,也是资源、市场优势明显的沿黄经济带交汇点、蒙宁经济交融的最佳点.一直以来,棋盘井镇以发展工业和采矿为主,矿业的发展使得地表的植被遭到一定程度的影响,加之经济的迅速发展、城市的扩张等各种人为因素的持续影响,使得该地区生态环境变得更加脆弱.鉴于此,本文以鄂尔多斯市棋盘井镇为研究区,以Landsat影像及DEM数据为主要数据源,运用差值分析、重心迁移模型、动态度分析法等方法,对2001年—2017年棋盘井镇植被覆盖时空变化规律、地形因子对植被覆盖度的影响进行分析,深入剖析研究区植被覆盖度的变化方向和变化趋势,旨在为该地区的生态环境保护和植被恢复提供理论依据.

1 研究区概况与方法

1.1 研究区概况

棋盘井镇位于内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂托克旗西北部,总面积为3 557.8 km²,人口8.2万.研究区地势西高东低,有鄂尔多斯第一峰—乌仁都西峰,呈侵蚀构造地貌,土壤以棕钙土为主,境内有植物71科,460种自然生草资源,生长着第三纪植物四合木(*Tetraena mongolica Maxim*)、半日花(*Helianthemum songaricum Schrenk*)、蒙古扁桃(*Amygdalus mongolica*)等国家珍稀物种种群系.棋盘井镇属典型的温带大陆性季风气候,年均气温9.8℃,无霜期年均157 d,年日照时数3 135.4 h,年平均降水157.9 mm.

棋盘井镇物产丰富,是阿尔巴斯山羊的原产地和核心养殖区,也是鄂尔多斯羊绒制品的主要原料基地,已探明地下矿藏48种,以煤炭、石灰石、硅石等为主.2001年起,棋盘井镇开始建设鄂托克经济开发区,园区规划总面积85.0 km²,园区现有企业101家,开办煤井、矿场100多家.2019年,开发区实现工业总产值521亿元,同比增长7.1%,销售收入540亿元,固定资产投资42亿元,增长11.0%;财政总收入45亿元,增长3.7%.

1.2 数据来源及预处理

本文选用2001年、2009年Landsat4-5 TM影像和2017年Landsat8 OLI影像,影像数据来源于地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn>),行带号为129-32;129-33,所选的数据成像时间为植被覆盖度较好的8月—9月,分辨率为30 m;高程、坡度、坡向数据的获取是由分辨率为30 m的数字高程模型(DEM)通过Arcgis 10.2计算获取,数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>).所有数据经过图像镶嵌、图像裁剪、辐射定标和大气校正等预处理.

1.3 研究方法

1.3.1 像元二分模型

像元二分模型是较常用且简单的用于计算植被覆盖度的模型^[11-12],其中 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index,归一化植被指数)能够更好地反映植被类型、覆盖状态,是植被生长状态及植被覆盖度最佳指示因子^[13-14],其计算公式为

$$S = \frac{(\rho_{\text{nir}} - \rho_{\text{red}})}{(\rho_{\text{nir}} + \rho_{\text{red}})}; \quad (1)$$

$$f_c = \frac{(S - S_{\text{soil}})}{(S_{\text{veg}} - S_{\text{soil}})}. \quad (2)$$

式中: S 为NDVI的值; ρ_{nir} 、 ρ_{red} 为近红外波段、红光波段的反射率; f_c 为某年植被覆盖度; S_{soil} 、 S_{veg} 为无植被覆盖区(裸土)像元NDVI值、完全植被覆盖区(纯植被)像元NDVI值.为避免异常值,本文在选取NDVI的累计概率时,采取近似代替法:将4%作为 S_{soil} 值,将96%作为 S_{veg} 值.

对于植被覆盖度的分级,学者们^[15-16]有不同的划分标准,根据周兆叶的植被覆盖度等级划分标准,将植被覆盖度等级划分为4级:<15%为极低植被覆盖度,15%~30%为低植被覆盖度,30%~60%为中植被覆盖度,>60%为高植被覆盖度^[17].

1.3.2 重心迁移模型

重心迁移模型用于从时间、空间尺度上描述植被覆盖度的演变过程,由此,体现植被覆盖度各等级的变化趋势,常用经纬度表示,公式为^[18]

$$X_i = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ii} X_{ii})}{\sum_{i=1}^n C_{ii}}; \quad (3)$$

$$Y_i = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ii} Y_{ii})}{\sum_{i=1}^n C_{ii}}; \quad (4)$$

$$D_{ij} = Q[(Y_i - Y_j)^2 + (X_i - X_j)^2]^{\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

式中: X_i 、 Y_i 为第 t 年某等级植被覆盖度分布重心的经度、纬度坐标; C_{ii} 为第 t 年该等级植被覆盖度第 i 个图斑的面积; X_{ii} 、 Y_{ii} 为第 t 年该等级植被覆盖度第 i 个图斑的几何中心的经度、纬度; n 为该等级植被覆盖度图斑总数; D_{ij} 为第 i 年到第 j 年某等级植被覆盖度重心移动距离,km; Q 为常数,取值为111.111.

1.3.3 动态度分析法

动态度常用于描述不同资源类型数量的变化速度,公式为^[19]

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%. \quad (6)$$

式中: K 为年变化率; U_a 为研究期初植被覆盖度的面积; U_b 为研究期末植被覆盖度的面积; T 为时间间隔,a.若 $K \leq 1.50\%$,表示变化程度较小;若 $1.50\% \leq K \leq 5.00\%$,表示变化程度中等;若 $5.00\% \leq K \leq 15.00\%$,表示变化程度较大;若 $K > 15.00\%$,表示变化程度很大.

1.3.4 差值法

差值法用于分析研究区不同时间段内,植被覆盖度的空间变化情况.计算公式为^[20]

$$F_c = F_{c(n+1)} - F_{cn}. \quad (7)$$

式中: F_c 为植被覆盖度的变化值; $F_{c(n+1)}$ 为后一年植被覆盖度的值; F_{cn} 为前一年植被覆盖度的值.若 $F_c > 0$,表明后一年植被覆盖度呈改善趋势;若 $F_c = 0$,表明某个等级植被覆盖度呈稳定变化趋势;若 $F_c < 0$,表明后一年植被覆盖度呈退化趋势,其中,当 $F_c = -1$ 时,呈轻度退化趋势,当 $F_c = -2$ 时,呈中度退化趋势,当 $F_c = -3$ 时,呈重度退化趋势.

2 结果与分析

2.1 棋盘井镇植被覆盖度时间变化特征分析

从总体来看,2001年—2017年研究区植被覆盖度呈增长趋势,其中极低、低植被覆盖度呈减少趋势,分别减少了967.41,432.34 km²,中植被覆盖度所占面积不断上升,由651.13升至1 548.47 km²,高植被覆盖度呈现先增加后小幅度下降的趋势,所占面积由499.56上升到1 141.11 km²再下降至1 001.97 km²,呈现先增加后小幅度下降的趋势.从各时段来看,2001年—2009年,极低、低植被覆盖度分别减少802.36,304.26 km²,中、高植被覆盖度分别增加了553.05,553.02 km²;2009年—2017年,极低、低、高植被覆盖度所占比例小幅度下降,分别下降了1.03%,2.23%,3.91%,中植被覆盖度比例持续上升至43.52%(见表1).

表1 2001年—2017年棋盘井镇不同等级植被覆盖的面积及比例统计

植被覆盖度等级	2001年		2009年		2017年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
极低植被覆盖度	1 352.96	38.03	422.14	11.87	385.56	10.84
低植被覆盖度	1 054.16	29.63	701.19	19.71	621.82	17.48
中植被覆盖度	651.13	18.30	1 293.37	36.35	1 548.47	43.52
高植被覆盖度	499.56	14.04	1 141.11	32.07	1 001.97	28.16

从动态度来看,极低植被覆盖度动态度变化最大,累积动态度 K 值为-25.55%.2001年—2009年,极低植被覆盖度动态度 K 值为-24.50%,变化程度很大,呈下降趋势,低植被覆盖度变化程度较大,中、高植被覆盖度呈较大程度的增长趋势;2009年—2017年,极低植被覆盖度的动态度呈较小程度的负增长,低、高植被覆盖度的动态度呈中等程度的负增长,中植被覆盖度的动态度 K 值为1.83%,中植被覆盖度呈持续上升趋势.由此可知,2001年—2017年棋盘井镇植被覆盖度呈增长的态势,其中2001年—2009年植被覆盖度增长趋势较明显(见表2).

表2 2001年—2017年棋盘井镇植被覆盖度等级变化动态度

%

时间段	极低植被覆盖度 K 值	低植被覆盖度 K 值	中植被覆盖度 K 值	高植被覆盖度 K 值
2001年—2009年	-24.50	-5.59	5.52	6.25
2009年—2017年	-1.05	-1.42	1.83	-1.54

2.2 棋盘井镇植被覆盖度空间变化特征分析

2.2.1 空间分布特征分析

通过对棋盘井镇植被覆盖度空间分布特征分析可知(见图1).2001年—2017年植被覆盖度空间分布差异明显,研究区西部植被覆盖度显著降低、中部植被覆盖增长趋势明显.2001年,研究区以极低、低植被覆盖度为主,交错分布在研究区西南部,中、高植被覆盖度零星分布在东部、西部;2009年,研究区植被覆盖度有所增加,东部、西南部极低、低植被覆盖度转变为中、高植被覆盖度,极低、低植被覆盖度覆盖范围增大且主要分布在西部山区;2017年,研究区中部中、高植被覆盖度范围进一步扩大,西部山区极低、低植被覆盖度范围较2009年略有增加,且向南部区域扩展.

2.2.2 植被覆盖度空间重心变化分析

通过对棋盘井镇植被覆盖度空间重心变化进行分析可知(见表3和图2),总体来看,各等级植被覆盖度迁移距离大小关系:极低植被覆盖度>高植被覆盖度>低植被覆盖度>中植被覆盖度,极低植被覆盖度向西南方向迁移且迁移轨迹最长,累计迁移距离39.84 km,低植被覆盖度向西南方向迁移,中植被覆盖度向东北方向迁移且迁移轨迹最短,累计迁移距离14.75 km,高植被覆盖度先向东南方向迁移20.67 km再向西北方向9.07 km.从各时段来看,2001年—2009年、2009年—2017年植被覆盖度重心迁移距离分别为53.19,50.41 km.由此可见,2001年—2017年棋盘井镇极低、低植被覆盖度逐渐向西南方向移动,中、高植被覆盖度趋于东北方向变化.

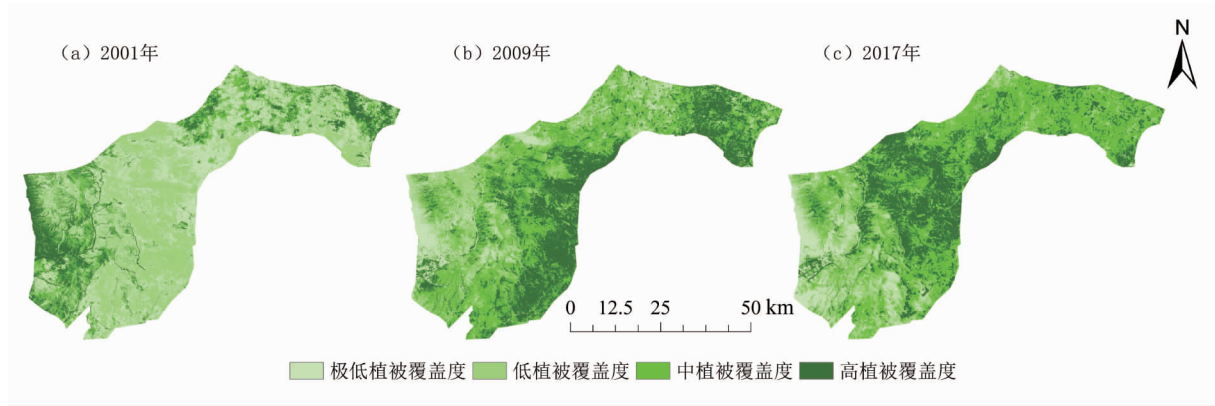


图1 2001年、2009年、2017年棋盘井植被覆盖度空间分布

表3 2001年—2017年棋盘井镇植被覆盖度重心迁移方向及距离变化表

级别	2001年—2009年		2009年—2017年		2001年—2017年	
	方向	距离/km	方向	距离/km	方向	距离/km
极低植被覆盖度	西偏北	20.29	西偏南	19.55	西偏南	39.84
低植被覆盖度	西偏北	9.63	西偏南	9.64	西偏南	19.27
中植被覆盖度	东偏南	2.60	东偏北	12.15	东偏北	14.75
高植被覆盖度	东偏南	20.67	西偏北	9.07	东偏北	29.71

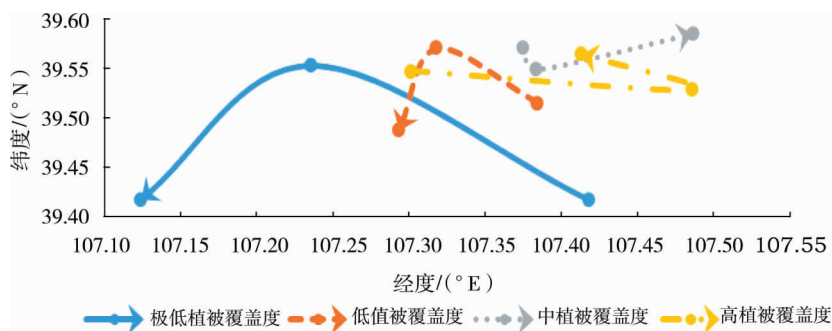


图2 2001年—2017年棋盘井镇植被覆盖度重心迁移轨迹

2.2.3 植被覆盖度差值变化分析

通过对棋盘井镇植被覆盖度差值变化分析(见表4),总体来看,2001年—2017年,改善面积有所减少,稳定变化区域面积有大幅度增加,退化的面积有所减小,其中,重度退化、轻度退化面积分别减少了32.11,61.69 km².从各个时段来看,2001年—2009年,以改善面积为主,主要分布在中部和西部,且为零星分布,退化区域主要分布在研究区西南地区,稳定变化区域分布在研究区中部和西部,且为零星分布;2009年—2017年,以改善区域、稳定变化区域为主,分别占全区面积的44.15%,37.61%,稳定变化区域分布在东北部、中部、西南部,改善区域更加集中分布在中部、东部,退化区域面积减小了76.46 km²,分布在研究区西南部的矿山.由此可知,2001年—2017年研究区整体呈现改善、稳定变化,局部退化的趋势,中部、东部植被覆盖度逐渐改善,西部山区植被覆盖度退化明显.

表4 2001年—2017年棋盘井镇植被覆盖度变化面积统计

F _c 值	变化趋势	植被覆盖度变化面积/km ²	
		2001年—2009年	2009年—2017年
F _c >0	改善变化	1 983.26	1 570.80
F _c =0	稳定变化	849.21	1 338.14
F _c =-1	轻度退化	289.07	295.37
F _c =-2	中度退化	281.42	196.27
F _c =-3	重度退化	154.85	157.25

2.3 地形因素对棋盘井镇植被覆盖度的影响

2.3.1 不同高程植被覆盖度分布及变化特征

棋盘井镇高程在 1 000~2 000 m 之间,研究区西部山区地势较高,中部高程为 1 400~1 600 m,南部、东部地势平缓.本文利用 ArcGIS 10.2 中自然断点法将高程分为 4 级,分别为 1 000~1 400 m(比例为 49.37%),1 400~1 600 m(比例为 45.52%),1 600~1 800 m(比例为 4.09%),1 800~2 000 m(比例为 1.02%).通过对 2001 年—2017 年不同高程下植被覆盖度均值分析可知(见图 3),总体来看,极低、中、高植被覆盖度所占面积随高程的升高而逐渐降低,低植被覆盖度所占面积随高程的升高先再增加后减少.当高程为 1 000~1 400 m,1 400~1 600 m 和 1 800~2 000 m 时,以中植被覆盖度为主,面积占比分别为 34.90%,30.28%,36.81%;当高程为 1 600~1 800 m 时,低、中植被覆盖度所占面积较大.由此可知,2001 年—2017 年随着高程的增加,棋盘井镇的植被覆盖度呈现逐渐递减的趋势,且当高程为 1 000~1 600 m 时,研究区中部、东部植被覆盖度较好.

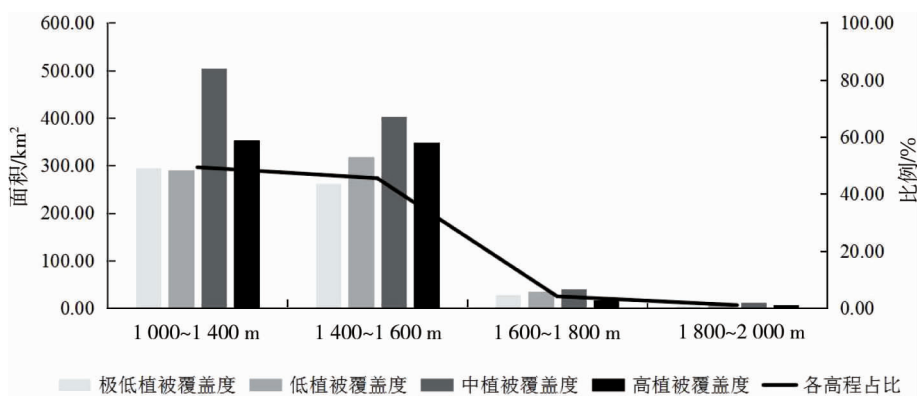


图3 棋盘井镇不同高程植被覆盖度均值统计

2.3.2 不同坡向植被覆盖度分布及变化特征

棋盘井镇各坡向所占面积大小较均衡,本文利用 ArcGIS 10.2 中自然断点法将坡向分为 4 级,分别为半阳坡($45^{\circ}\sim 135^{\circ}$)、阳坡($135^{\circ}\sim 225^{\circ}$)、半阴坡($225^{\circ}\sim 315^{\circ}$)和阴坡($0^{\circ}\sim 45^{\circ}, 315^{\circ}\sim 360^{\circ}$),占全镇面积比例分别为 21.14%,29.84%,20.94%,28.08%.通过对 2001 年—2017 年不同坡向下植被覆盖度均值分析可知(见图 4),各坡向以中、高植被覆盖度为主,阳坡、阴坡的植被覆盖度较好.由此可知,坡向对棋盘井镇植被覆盖度变化影响不明显.

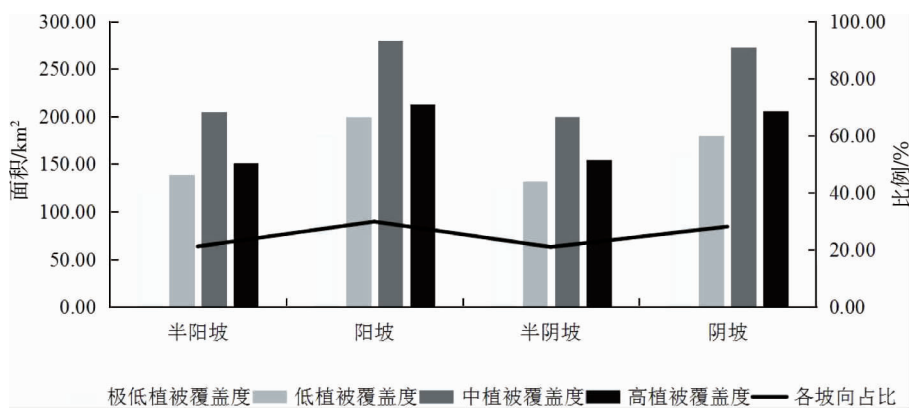


图4 棋盘井镇不同坡向植被覆盖度均值统计

2.3.3 不同坡度植被覆盖度分布及变化特征

棋盘井镇坡度以 3° 左右为主,占全镇总面积的 88.25%.本文利用 ArcGIS 10.2 中自然断点法将坡度分为 5 级,分别为 $<3^{\circ}$ (比例为 88.25%), $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ (比例为 5.16%), $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ (比例为 4.62%), $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ (比例为 1.31%) 和 $>25^{\circ}$ (比例为 0.65%),通过对 2001 年—2017 年不同坡度下植被覆盖度均值分析可知(见图 5),

当坡度小于 3° 时,以中植被覆盖度为主(占比为33.38%),分布在研究区的中部、东部;当坡度大于 3° 时,植被覆盖度整体偏低,仅为11.75%,其中,当坡度大于 25° 时,覆盖区域为研究区西部,各等级植被覆盖度所占面积最小,仅占1.00%左右.随着坡度的不断增加,各级植被覆盖度覆盖的面积迅速减少,其中,中植被覆盖度递减趋势较明显.由此可知,当坡度小于 3° 时,棋盘井镇植被覆盖度较好,同时,随着坡度的增加,研究区植被覆盖度呈现逐渐递减的趋势.

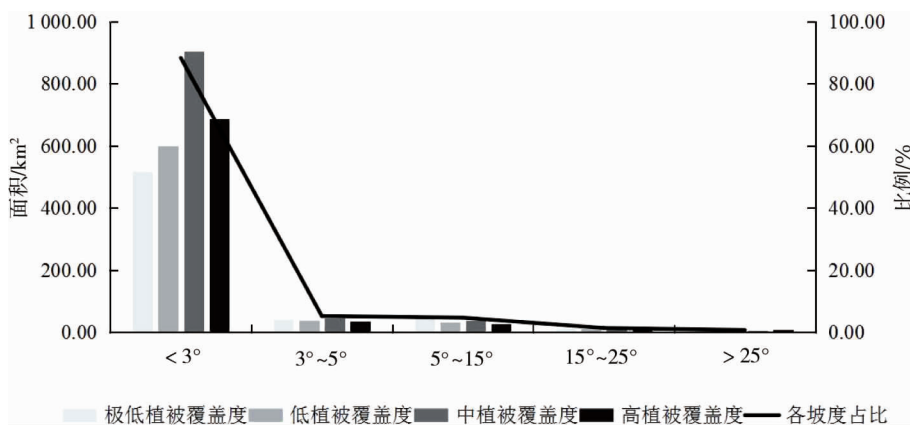


图5 棋盘井镇不同坡度植被覆盖度均值统计

3 讨论

通过研究发现,近17 a 棋盘井镇植被覆盖度有明显增加趋势,其中,中部、东部植被覆盖度由极低、低植被覆盖度转为中、高植被覆盖度,西部山区植被覆盖度趋于降低,这与超波力格等^[21]、郭山川等^[22]的研究结果基本一致,其原因在于2002年—2012年,鄂尔多斯市对棋盘井镇、蒙西镇等6个乡镇开展生态工程项目,棋盘井镇实施退牧还草生态工程总面积为963.45 km²,覆盖了该镇中部、东部大部分区域,由此,2001年以后,棋盘井镇中部、东部地区植被覆盖度呈现增长趋势,而研究区西部城市建设与持续性的矿产开采,造成植物的光合作用降低、土地功能性与结构性损伤,降低了研究区西部的植被覆盖度.

高程、坡度对棋盘井镇植被覆盖度空间分布影响较明显,在高程为1 000~1 600 m时、坡度为3°时,棋盘井镇植被覆盖度较好,坡向对棋盘井镇植被覆盖度的空间分布影响不明显.这与闫敏等^[23]研究结果一致,其原因在于研究区各坡向分布较为均匀,而高程较高的区域往往分布着城市和工业建设区,坡度较大则由于水土缺乏,在一定程度限制植被生长,反之,高程低的区域及平缓区域水热条件较好,适合植物生长.

此外,由于遥感影像资源的局限性,不能准确地获取不同年份同一时间节点的遥感影像,估算结果存在一定的差异性;植被覆盖度的影响因子众多,本文未分析气候、降水、人类活动等因子对其的影响,因此确定各方面因子对棋盘井镇植被覆盖度的影响,还需在今后做进一步研究.

4 结论

1) 2001年—2017年棋盘井镇植被覆盖度总体呈上升趋势,植被覆盖以中、高植被覆盖度为主,所占比重达到65.00%以上;从动态度 K 值来看,极低植被覆盖度动态度变化程度很大且呈现负增长,中植被覆盖度动态度持续增长,2001年—2009年植被覆盖度增长趋势较明显.

2) 2001年—2017年,研究区空间分布变化较明显,其中,研究区中部、西部植被覆盖度变化较大;极低、低植被覆盖度向西南方向迁移,中、高植被覆盖度向东北方向迁移,极低植被覆盖度迁移轨迹较长,变化较大,中植被覆盖度迁移轨迹较短,变化较小;2001年—2017年,研究区中部、东部植被覆盖度逐渐改善,西部地区有退化现象,总体以改善、稳定变化趋势为主,说明棋盘井镇植被覆盖度正在缓慢增加.

3) 棋盘井镇植被覆盖度因地形因子的不同表现出不同的分布特征.当高程在1 000~1 600 m或坡度3°

的区域时,植被覆盖度相对较高;不同坡向植被覆盖度差异不明显,说明高程、坡度是影响棋盘井镇植被覆盖度空间分布的主要地形因子。

参考文献:

- [1] 张永,杨自辉,郭树江,等.基于遥感分析 20 年来民勤绿洲防护林带植被变化研究[J].草业学报,2018,27(7):14-24.
- [2] 阿荣,毕其格,董振华.基于 MODIS/NDVI 的锡林郭勒草原植被变化及其归因[J].资源科学,2019,41(7):1374-1386.
- [3] 井梅秀,蔡福,王学江,等.三江源区植被覆盖度空间特征[J].干旱区资源与环境,2020,34(2):141-147.
- [4] 王瑾,闫庆武,谭学玲,等.内蒙古地区植被覆盖动态及驱动因素分析[J].林业资源管理,2019(4):159-167.
- [5] 候勇,陈文龙,钟成.内蒙古地区植被覆盖度时空变化遥感监测[J].东北林业大学学报,2018,46(11):35-40.
- [6] 穆少杰,杨红飞,李建龙,等.内蒙古植被覆盖度的时空动态变化及其与气候因子的关系(英文)[J].Journal of Geographical Sciences,2013,23(2):231-246.
- [7] 佟斯琴,包玉海,张巧凤,等.基于像元二分法和强度分析方法的内蒙古植被覆盖度时空变化规律分析[J].生态环境学报,2016,25(5):737-743.
- [8] 孙红,田昕,闫敏,等.内蒙古大兴安岭根河植被覆盖度动态变化及影响因素的分析[J].遥感技术与应用,2018,33(6):1159-1169.
- [9] 田海静,曹春香,戴晟懋,等.准格尔旗植被覆盖度变化的时间序列遥感监测[J].地球信息科学学报,2014,16(1):126-133.
- [10] 于小飞,孙睿,陈永俊,等.乌审旗植被覆盖度动态变化及其与降水量的关系[J].资源科学,2006(4):31-37.
- [11] 顾祝军,曾志远.遥感植被覆盖度研究[J].水土保持研究,2005,12(2):18-21.
- [12] Zribi M, Le Hgarat-Mascle S, Taconet O, et al. Derivation of wild vegetation cover density in semi-aridregion S: ERS2/SAR evaluation [J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(6): 1335-1352.
- [13] Gutman G, Ignatov A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for merical weather prediction models[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998,19(8):1533-1543.
- [14] 李惠敏,刘斌,武伟.近 10 年重庆市归化植物被指数变化分析[J].地理科学,2010,30(1):119-123.
- [15] 李苗苗. 植被覆盖度的遥感估算方法研究[D].北京:中国科学院研究生院(遥感应用研究所),2003.
- [16] 孙久虎,张晶,张洁,等.近 20 年来北运河地区植被覆盖时空变化研究[J].首都师范大学学报(自然科学版),2007,2008(2):93-97.
- [17] 周兆叶,储少林,王志伟,等.基于 NDVI 的植被覆盖度的变化分析—以甘肃省张掖市甘州区为例[J].草业科学,2008,12:23-29.
- [18] 赵珍珍,冯建迪.1980-2016 年科尔沁沙地土地利用重心的时空迁移特征[J].水土保持通报,2019,39(4):256-260.
- [19] 王思远,张增祥,周全斌,等.基于遥感与 GIS 技术的土地利用时空特征研究[J].遥感学报,2006,6(3):223-228.
- [20] 李媛.陕西省安康市植被覆盖度动态变化分析[D].西安:长安大学,2019.
- [21] 超波力格.基于 MODIS-NDVI 的退牧还草生态工程植被变化特征分析[D].呼和浩特:内蒙古师范大学,2015.
- [22] 郭山川,汤傲,李效顺,等.融合主被动遥感的乌海矿区土地损伤测度[J].生态与农村环境学报,2018,34(8):678-685.
- [23] 闫敏,李增元,陈尔学,等.内蒙古大兴安岭根河森林保护区植被覆盖度变化[J].生态学杂志,2016,35(2):508-515.