

# 2000—2020 年鄂尔多斯市植被 NDVI 变化格局及归因分析

苗旭<sup>1</sup>, 李九一<sup>2</sup>, 宋小燕<sup>1</sup>, 程度良<sup>1</sup>, 柳玉梅<sup>3</sup>

(1.西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2.中国科学院 地理科学与资源研究所,  
北京 100101; 3.苏州科技大学 地理科学与测绘工程学院, 江苏 苏州 215009)

**摘 要:**处于农牧交错区的鄂尔多斯市生态系统较为敏感,为探究全球气候变化以及人类活动对鄂尔多斯市生态系统的影响,利用 MOD13Q1 NDVI 数据以及同期气象数据,分析了鄂尔多斯市 2000—2020 年植被 NDVI 变化特征,并利用偏相关分析法以及残差驱动力分析法对引起植被 NDVI 变化的气候和人为因素进行了分析。结果表明:(1) 21 年来鄂尔多斯市植被 NDVI 总体呈现上升趋势,植被改善明显,全市 68.66% 的区域植被 NDVI 得到改善,西南部改善幅度小于东北部;(2) 鄂尔多斯市植被 NDVI 与气候因子偏相关性存在明显的地区差异,植被 NDVI 与降水的偏相关性较高,降水与温度共同影响的区域约占总面积的 2.27%;(3) 鄂尔多斯市植被受到人类活动与气候的共同影响,21 年来人类活动对鄂尔多斯市植被 NDVI 变化起到主导作用,其平均贡献率为 82.67%,气候变化对植被 NDVI 生长的影响主要体现在降水因素上。人类对鄂尔多斯市的植被影响具有两面性,城市建设对植被的生长起到制约作用,生态工程的实施则有利于植被的生长;(4) 2000—2020 年鄂尔多斯市以 NDVI 表征的植被覆盖度的增加与人类活动密不可分,但是同时鄂尔多斯地区气候条件对植被生长有很大的限制作用,实施生态工程中要切实注意到气候变化所带来的影响,切不可盲目扩大生态工程,对于毛乌素沙地等地区植被需要实行人工保护,使其形成稳定生态系统。

**关键词:**植被 NDVI; 气候; 人类活动; 鄂尔多斯市

中图分类号:Q948.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2022)03-0300-08

## Analysis on Change Pattern and Attribution of Vegetation NDVI in Ordos City from 2000 to 2020

MIAO Xu<sup>1</sup>, LI Jiuyi<sup>2</sup>, SONG Xiaoyan<sup>1</sup>, CHENG Duliang<sup>1</sup>, LIU Yumei<sup>3</sup>

(1.Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2.Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101,

China; 3.School of Geography Science and Geomatics Engineering, SUST, Suzhou, Jiangsu 215009, China)

**Abstract:** The ecological system of Ordos City, located in agro-pastoral ecotone, is more sensitive. In order to explore the impact of global climate changes and the human activities on the ecosystem of Ordos City, we used MOD13Q1 NDVI, meteorological data, the partial correlation analysis and residual driving force analysis methods to analyze the change characteristics and driving force for vegetation NDVI of Ordos City from 2000 to 2020. The results show that: (1) the vegetation NDVI of Ordos City had shown an overall upward trend in the past 21 years, and the vegetation had improved significantly; the vegetation NDVI of 68.66% of the city had been improved, and the improvement rate of vegetation in the southwest was smaller than that in the northeast; (2) there were obvious regional differences in the partial correlation between vegetation NDVI and climatic factors in Ordos City; the partial correlation between vegetation NDVI and precipitation was relatively high, and the area affected by precipitation and temperature together accounted for about 2.27% of the total area; (3) the vegetation of Ordos City was affected by both human activities and climate change; in the past 21 years, human activities played a leading role in the change of vegetation NDVI in Ordos City with

收稿日期:2021-04-29

修回日期:2021-05-24

资助项目:国家重点研发计划(2016YFC0503502, 2018YFD1100101); 基本科研业务费(2452020167)

第一作者:苗旭(1995—),男,安徽阜阳人,硕士研究生,主要从事水文水资源方面研究。E-mail:miaoxu@nwfufu.edu.cn

通信作者:宋小燕(1983—),女,山西介休人,副教授,博士,主要从事水文循环研究。E-mail:xiaoyansong@nwsuaf.edu.cn

an average contribution rate of 82.67%; the main influence of climate change on the growth of vegetation NDVI was the precipitation; the impact of humans on the vegetation of Ordos City had two sides; urban construction restrict the growth of vegetation, and the implementation of ecological projects was conducive to the growth of vegetation; (4) from 2000 to 2020, the increase of vegetation coverage represented by NDVI in Ordos City was inseparable from human activities, but at the same time, the climatic conditions in the Ordos region had a great restrictive effect on the growth of vegetation; when implementing ecological projects, we must pay attention to the impact of climate change, and must not blindly expand ecological projects; the vegetation in areas such as the Mu Us desert needs to be artificially protected to form a stable ecosystem.

**Keywords:** vegetation NDVI; climate; human activities; Ordos City

植被作为陆地生态系统最关键的构成部分,是生态系统的指示器<sup>[1]</sup>,对气候变化以及人类活动较为敏感,降水带来的水分是植物生长必需的组成部分,气温所带来的热量,是植被生命活动的能量源泉,人类活动是影响植被生长的不确定因素<sup>[2-4]</sup>。近年来随着气候的不断变化以及人类活动的不断加剧,植被生长受到一定程度的影响,因此,探究植被覆盖对气候变化与人类活动的响应关系对研究全球气候变化规律具有重要意义<sup>[5-6]</sup>。它不仅可以揭示在气候变化背景下物候的敏感程度,而且可以为生态、农业、卫生等有效管控以及制定相应的保护措施提供科学依据<sup>[7]</sup>。

植被的生长状况通常用植被指数来直接表征<sup>[8]</sup>,相比其他植被指数,归一化植被指数对绿色敏感性较好,能更好反映植被动态变化应用范围最为广泛<sup>[9]</sup>。国内外众多专家学者开展了关于植被动态与气候因子以及人类活动相关的研究,大量研究结果普遍表明植被 NDVI 与气候因子以及人类活动密切相关。Ichii 等<sup>[10]</sup>在全球尺度上对 1982—1990 年期间植被与气候的关系进行研究,结果表明南北半球不同区域植被与气候的相关性不同,干旱地区植被 NDVI 与温度和降水存在显著的相关性。李晓兵等<sup>[11]</sup>对 1983—1992 年全国范围内 NDVI 动态进行研究,结果显示中国南部 NDVI 与温度、降水的相关性高于北部,西北地区高于东南。孟晗等<sup>[12]</sup>针对黄土高原植被覆盖动态变化进行研究,结果表明降水量对植被 NDVI 的影响大于温度影响,退耕还林还草使得植被覆盖明显改善。金凯等<sup>[13]</sup>针对 1982—2015 年全国范围内的植被 NDVI 进行研究,结果表明人类活动对植被的影响较大。刘梁美子等<sup>[14]</sup>针对喀斯特山区植被 NDVI 进行研究结果表明气候是影响喀斯特山区植被变化的主要因子平均贡献率约为 95%。马国明等<sup>[15]</sup>在全球尺度上对植被 NDVI 进行研究结果表明降水和气温是影响植被变化的主要因子。

目前为止国内许多研究以大区域省、流域等为主,研究区域较为广泛,对小区域植被变化特征缺乏

针对性,难以在当地生态实践工作中发挥指向性作用。因此,本文以 2000—2020 年 MOD13Q1 NDVI 数据结合同时期周边气象站数据,对农牧交错地区的鄂尔多斯市进行研究,分析鄂尔多斯市植被的时空变化趋势以及植被 NDVI 重心变化规律,并且对植被与气候的响应关系进行分析,以进一步认识鄂尔多斯植被对气候变化以及人类活动的响应关系。研究结果以期在全球气候变化的大背景下为当地的生态保护以及管理提供一定的科学依据。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 研究区概况

鄂尔多斯市位于黄河“几”字弯腹地(图 1),东西北三面均被黄河所围绕,是典型的生态脆弱区<sup>[16]</sup>,是农业向畜牧业过渡区和半干旱与干旱的气候过渡带,境内的植被带从东到西分为以本氏针茅和百里香群落为主的典型草原;以短花针茅、狭叶锦鸡儿—短花针茅灌丛、藏锦鸡儿灌等群落为主的荒漠化草原。以红砂灌丛、四合木-珍珠灌丛、半日花群落、沙冬青-霸王灌丛等为主的草原化荒漠带,本氏针茅群落主要分布在鄂尔多斯市东部黄土丘陵区,百里香群落主要分布在东部侵蚀严重地区;荒漠化草原位于鄂尔多斯市中部,受低温和干旱的影响,区域内的植被多为耐旱的丛生禾草组成,位于西部及西北部的草原化荒漠带地区植物种类较为特殊属于超耐旱植被种类四合木、半日花等是国家二级保植物<sup>[17]</sup>。多年平均气温为 5~8℃,大于等于 10℃的积温为 2 500~3 500℃,无霜期 150 d 左右,雨季为每年的 6—9 月份,受海洋性季风气候影响,降水量自东向西逐渐降低,多年平均降水量 160~400 mm。

### 1.2 数据来源及处理

降水和温度数据来源于国家气象数据科学中心(<http://data.cma.cn/>)“中国地面气候资料日值数据集(V3.0)”,收集了鄂尔多斯市及其周边 17 个气象站 2000—2020 年的降水和温度数据。植被变化分析采用 2000—2020 年共 21 a 共 964 个时相每 16 d 提供一次的

MOD13Q1 NDVI 数据,空间分辨率为 250 m。该数据来源于美国 NASA 官网(hpps://ladsweb.modaps.e osdis.nasa.gov/)。利用 MRT 工具对影像进行拼接以及投影转换(等面积投影),通过最大合成法合成年际植被 NDVI 数据集;由于 2000 年 1 月份 NDVI 数据缺失,故采用同月份的多年平均值代替。利用克里金插值法以及重采样等将温度与降水数据插值为与 NDVI 数据同分辨率的栅格数据集。

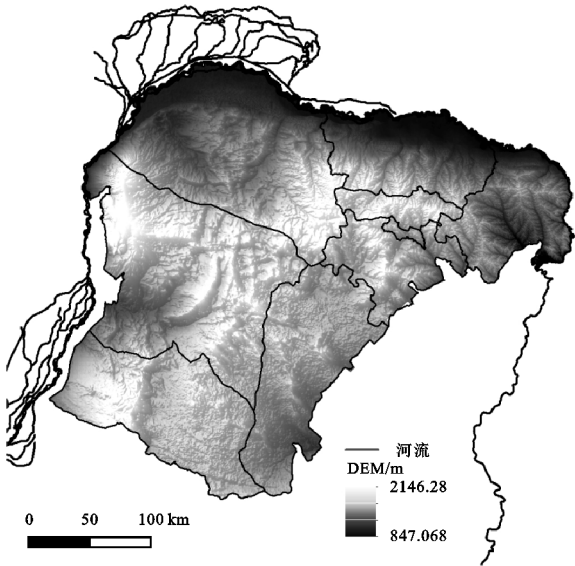


图 1 鄂尔多斯市地理示意图

1.3 数据分析

本文利用一元 Slope 趋势方法逐像元分析鄂尔多斯市 21 a 来植被 NDVI 的变化趋势,并引入物理重心模型从空间上分析植被 NDVI 变化规律,并探究温度、降水等气候因子以及人类活动对植被 NDVI 的影响。

1.3.1 趋势分析 趋势分析法可以每个像元为研究单位,通过分析不同时期的像元变化,从而表示出整个研究区一定时间序列下的植被动态<sup>[18]</sup>。通过不同时间段的数拟合,可以消除异常因素的影响,从而更加准确的显示植被演变趋势<sup>[19]</sup>计算公式如下:

$$\text{Slope} = \frac{n \times \sum_{k=1}^n k \times x_k - \sum_{k=1}^n k \times \sum_{k=1}^n x_k}{n \times \sum_{k=1}^n k^2 - (\sum_{k=1}^n k)^2} \quad (1)$$

式中:Slope 为 NDVI 变化趋势; $n$  为研究年限跨度本文为(2000—2020 年); $x_k$  为第  $k$  年 NDVI 数值, $k=1,2,3,\dots,21$ ;当 Slope 为正值时表示植被指数随着时间呈增加趋势,反之则为退化趋势,利用 F 检验法中的  $p$  值为 0.01 与 0.05 时进行显著性检验。

1.3.2 重心迁移模型 在地理学中,重心可以用来表示某一地理属性的矢量合力点<sup>[20]</sup>,常用于分析经济、人口、土地利用等方向,能够描述研究对象在空间的演变过程,本文引入重心迁移模型从空间上对

植被 NDVI 变化规律以及演变轨迹进行分析计算公式如下:

$$(\bar{x}, \bar{y}) = (\frac{\sum_{i=1}^n N_i x_i}{\sum_{i=1}^n N_i}, \frac{\sum_{i=1}^n N_i y_i}{\sum_{i=1}^n N_i}) \quad (2)$$

式中: $\bar{x}, \bar{y}$  分别为植被 NDVI 的重心坐标; $N_i$  为第  $i$  个栅格的平均 NDVI; $x_i, y_i$  为第  $i$  个平面空间单元的坐标值; $n$  为时间跨度。

1.3.3 相性分析 地理要素之间的关系可以用相关性分析定量的表示<sup>[21]</sup>,两种要素的相关程度可以用简单相关系数来描述,当两要素同时与第 3 个要素相关时,为了将第 3 个要素的影响剔除,只分析另外两个要素之间相关程度叫做偏相关分析<sup>[22-23]</sup>计算公式如下:

$$R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

$$R_{12,3} = \frac{R_{12} - R_{13}R_{23}}{\sqrt{1-R_{13}^2} \sqrt{1-R_{23}^2}} \quad (4)$$

式中: $R_{xy}$  表示变量  $x$  与变量  $y$  的相关系数; $x_i$  与  $y_i$  表示在  $i$  年两个变量的数值; $R_{12,3}$  表示在不考虑变量 3 的情况下变量 1 和变量 2 的偏相关系数。

1.3.4 趋势残差分析 植被的生长不仅受到气候变化所带来的影响,近些年来随着人类活动加剧,人类对植被的影响越来越明显,残差分析法可以分离出气候变化以及人类活动分别对植被的影响<sup>[13,24-26]</sup>。利用逐像元的多元回归方程模拟出 2000—2020 年研究区的植被 NDVI 值。

$$\text{NDVI}_{\text{predicated}} = c + a \times P + b \times T \quad (5)$$

$$\epsilon = \text{NDVI}_{\text{real}} - \text{NDVI}_{\text{predicated}} \quad (6)$$

$$H = \frac{\text{slope}(\epsilon)}{\text{slope}(\text{NDVI}_{\text{real}})} \quad (7)$$

式中: $\text{NDVI}_{\text{predicated}}$  表示植被 NDVI 的预测值; $a, b, c$  分别为回归系数其中  $c$  为常数; $T$  表示年平均温度; $P$  表示降雨量; $\epsilon$  表示残差; $\text{NDVI}_{\text{real}}$  表示实际植被 NDVI 值; $H$  表示人类活动对植被 NDVI 变化的贡献率。

2 结果与分析

2.1 年际变化及空间分布

基于最大合成法合成的 2000—2020 年年际植被 NDVI 数值,统计年平均值见图 2A,除个别年份数值下降外,植被 NDVI 值整体上呈上升趋势,多年平均值为 0.324,2000 年植被 NDVI 平均值为 0.235,2020 年植被 NDVI 平均值为 0.375。植被 NDVI 值在 2010—2011 年出现波动较为剧烈,植被 NDVI 最大值出现在 2015 年为 0.435;21 a 逐年植被 NDVI 均值



分布状况见图 2B, NDVI 值最大为 0.828, 最小为 0.036, NDVI 大体分布是东部地区高于西部, 沿黄灌区植被指数明显高于其他地区, 西北部地区植被指数

明显偏低, 特别是位于杭锦旗的库布其沙漠地区。乌审旗境内的毛乌素沙漠 NDVI 值明显高于库布其沙漠区, 但略低于周围其他地区。

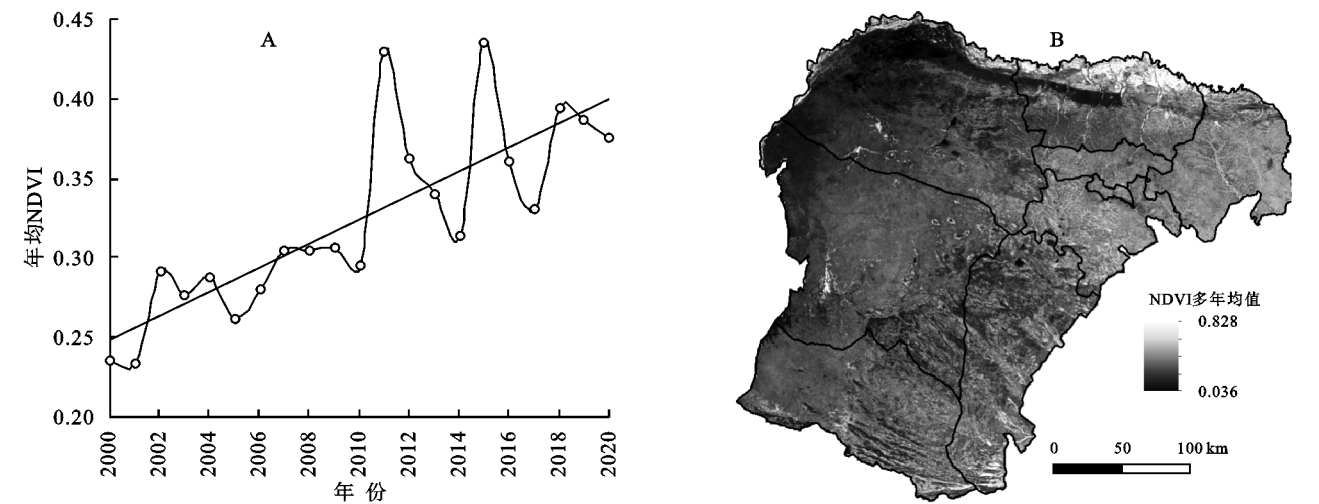


图 2 植被 NDVI 年际变化及多年平均值

2.2 变化趋势

基于一元趋势法分析 21 a 间鄂尔多斯市 NDVI 趋势变化(图 3), 植被 NDVI 整体上呈现改善趋势, 大部分斜率均为正向, 但各地区存在明显的空间差异。

极显著改善的区域面积所占比例较大约为 51.92%, 各个旗区均有分布, 其中东部的伊金霍洛旗、东胜区、康巴什区、准格尔旗所占比例较大, 特别是伊金

霍洛旗和准格尔旗; 显著改善区域所占面积约为 16.74%, 主要分布于鄂尔多斯市中西部地区; 无明显变化区域所占面积为 31.02%, 主要分布在杭锦旗、鄂托克旗、鄂托克前旗等地区; 显著退化和极显著退化的区域面积较小, 分别占总面积的 0.13% 和 0.19%, 主要分布在鄂尔多斯市的市区以及北部黄河沿岸等地区。

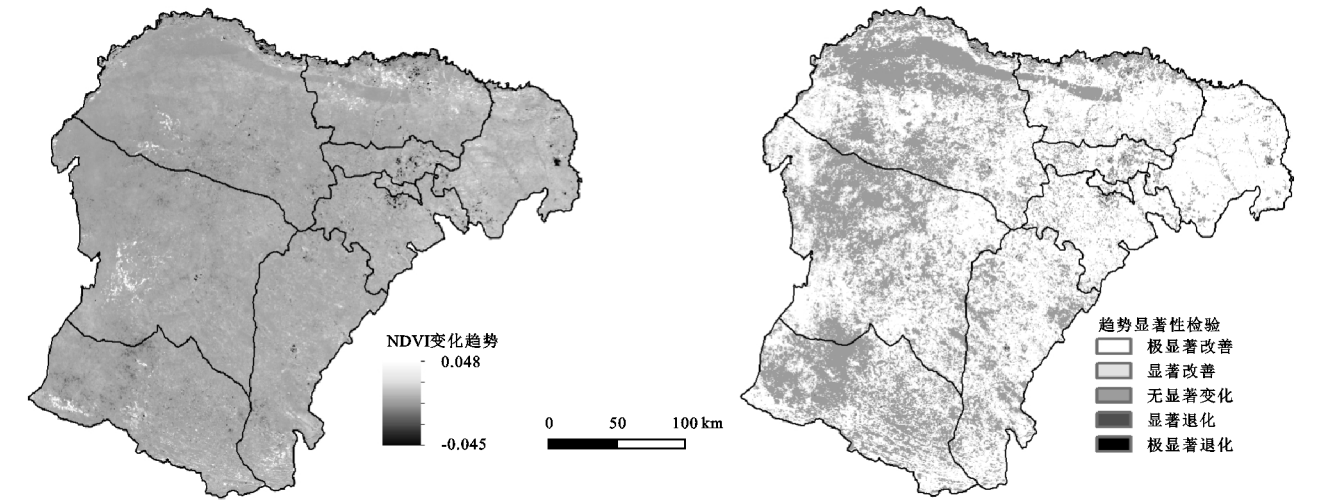


图 3 植被 NDVI 变化趋势及趋势显著性检验

2.3 重心迁移

植被 NDVI 重心能够有效的显示植被的空间分布特征以及导向性, 逐年统计植被 NDVI 重心以及 21 a 的平均重心(图 4A), 重心主要集中在鄂托克旗东北方向。

以多年平均植被 NDVI 重心为原点, 逐年计算 NDVI 重心到原点的偏移角度以及距离(图 4B), 第一象限与第三象限 NDVI 重心分布相对较多, 表明 21 a 来 NDVI 在鄂尔多斯市西南区域与东北区域增

加的数量高于其他地方, 西南区域重心分布相集中表明各年份增加的程度较小, 东北部各点较为分散增加程度较大; 若以第一、第二象限的植被 NDVI 重心与第三、第四象限作比较则说明南部区域的增加数量大于北部。同时在坐标轴中 2002 年、2005 年、2012 年、2014 年等较原点距离较远, 表明在这 4 个年份中重心所处方位增加较为明显; 而 2016 年、2003 年、2001 年、2004 年与原点距离较近则说明这几个年份中植被 NDVI 各地区变化相差较小。

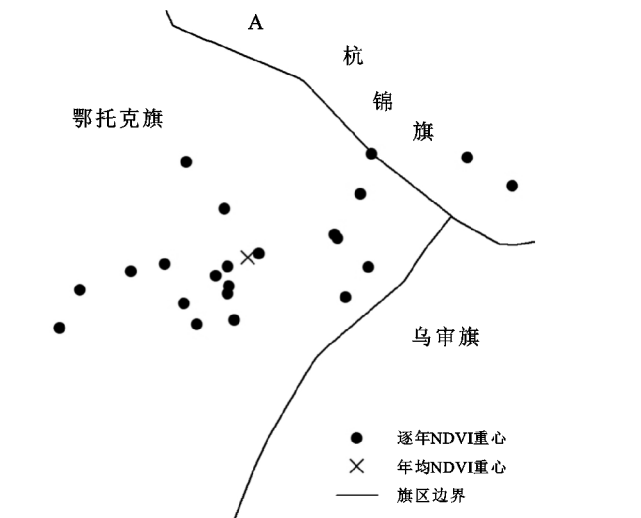


图 4 鄂尔多斯市植被 NDVI 重心位置及其分布

为进一步分析鄂尔多斯市植被 NDVI 空间变化规律,利用重心模型在不同时间尺度下分析鄂尔多斯市植被 NDVI 迁移轨迹(图 5),3 a 时间尺度下,2003—2005 年相对 2000—2002 年植被 NDVI 重心向东北方向移动且移动距离较大,表明在该段时间内东北部植被增量大于西南部,与 2003—2005 年相比 2006—2008 年植被 NDVI 重心向西北部移动,2009—2011 年与 2006—2008 年相比植被 NDVI 重心向南部移动,与 2009—2011 年相比 2012—2014 年植被 NDVI 向东北方向移动,2015—2017 年植被 NDVI 重心又向西部偏移,2018—2020 年植被向东部偏移。5 a 时间尺度下,2005—2009 年相对于 2000—2004 年向东北方向移动,2010—2014 年植被重心相对于 2005—2009 年向西南方向偏移,2015—2020 年植被重心东北方向偏移。总体上,2000—2020 年鄂尔多斯市植被 NDVI 重心向东北部偏移,表明东北部植被增长程度较为明显。

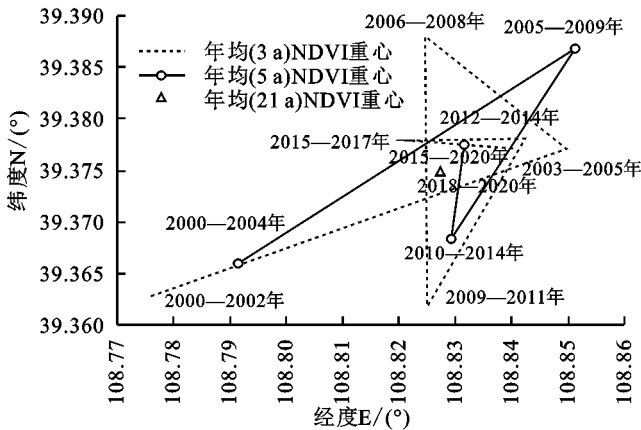
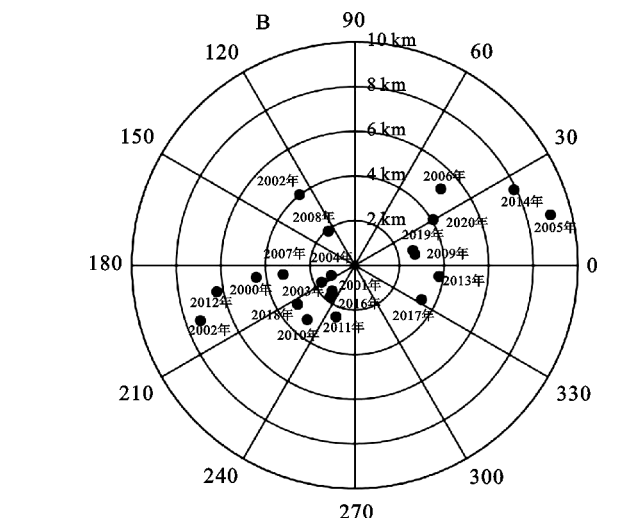


图 5 鄂尔多斯市植被 NDVI 重心迁移轨迹

2.4 相关性分析

为探究鄂尔多斯地区降水与温度与植被 NDVI



的关系,逐像元分析鄂尔多斯市 2000—2020 年植被 NDVI 与降水、温度的偏相关关系,植被 NDVI 与降水的偏相关系数(图 6A)为 $-0.716\sim0.915$ ,其中正相关主要分布在鄂尔多斯市的西部以及南部地区,占据面积的 78.92%;负相关区域大部分集中在杭锦旗北部,以及乌审旗部分地区。通过 0.05 显著性检验划分为显著正相关、不显著正相关、显著负相关、不显著负相关,植被 NDVI 与降水偏相关检验显著结果(图 6B),显著正相关的面积占总面积的 23.93%,主要分布在杭锦旗南部、鄂托克前旗的西部、鄂托克前旗的西北部;显著负相关所占面积比例较少仅为 1.71%,主要分布在杭锦旗中北部的沙漠地区。植被 NDVI 与温度的偏相关系数(图 6C)为 $-0.833\sim0.775$ ,呈正相关区域主要集中在鄂尔多斯市的东部地区,占据面积的 35.44%;呈负相关区域占据面积的 64.56%,分布在鄂尔多斯市西部的大部分地区。植被 NDVI 与温度偏相关检验显著结果(图 6D),呈显著正相关的面积占鄂尔多斯市面积的 0.45%,主要集中在东胜区,在伊金霍洛旗、康巴什区、准格尔旗、北部沿黄灌区等区域也有零散分布;呈显著负相关的面积占总面积的 4.25%,分布于杭锦旗的中西部、鄂托克旗的中部以及鄂托克前旗的西部等地区。

由上述偏相关分析可以看出,鄂尔多斯市植被 NDVI 与降水和温度的相关性在不同区域影响程度具有明显的差异,为进一步了解降水与温度对鄂尔多斯市植被 NDVI 在不同区域的影响程度,本文通过对植被 NDVI 与气候因子的偏相关系数  $p$  值进行重新分类(表 1)。

分类结果见图 7,鄂尔多斯市约有 2.27% 的区域受到降水与温度的共同作用,主要分布在鄂托克前



旗西部、鄂托克旗中部等地区,约有 23.37%的区域受到降水的影响,主要分布在鄂尔多斯市西部地区以及

东部部分地区;受温度影响区域较少约占总面积的 2.43%,主要分布在杭锦旗中部以及西部部分地区。

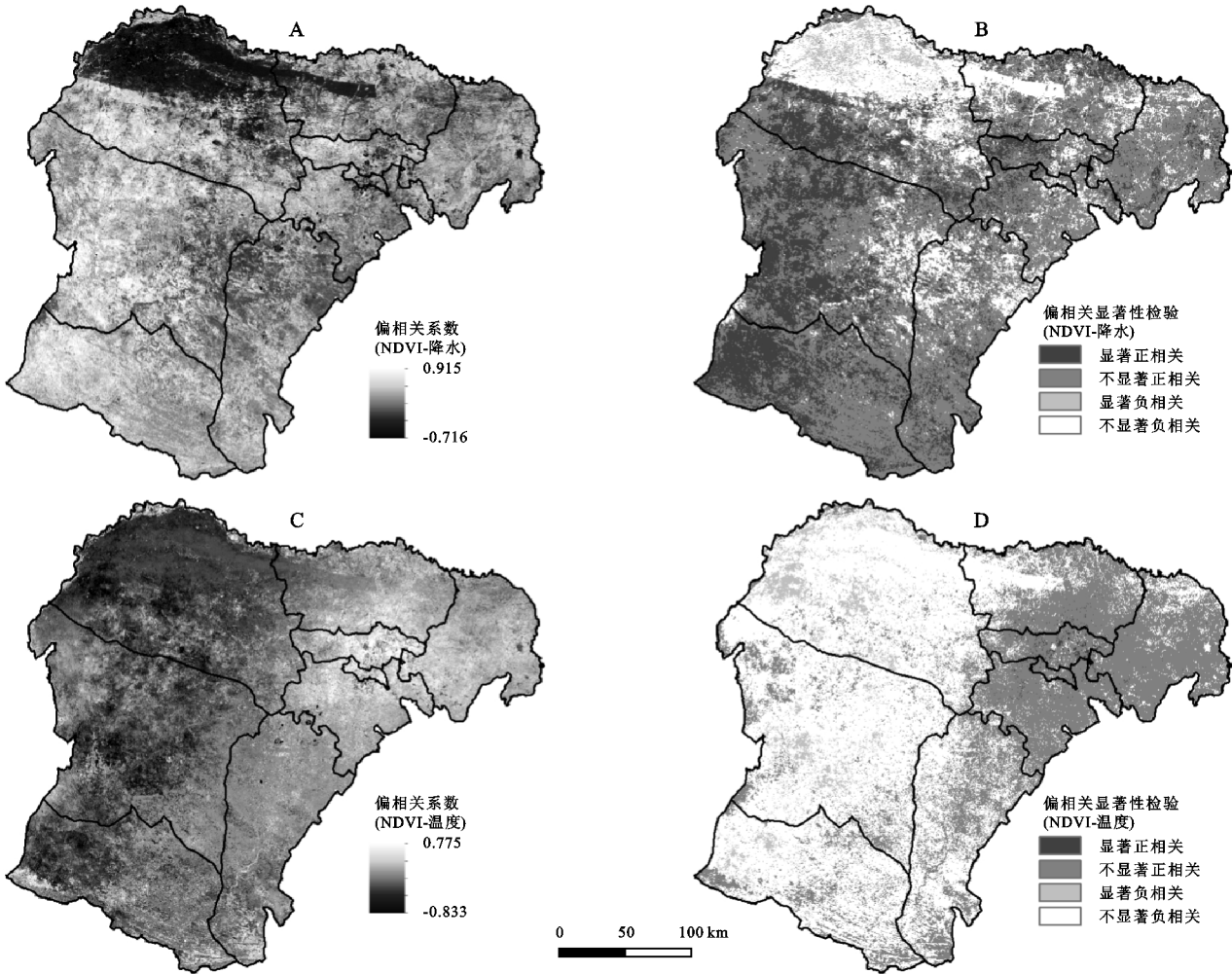


图 6 植被 NDVI 与降水、气温的偏相关系数及其显著性检验

表 1 不同情景下气候对植被 NDVI 的作用

植被 NDVI 与气温 的偏相关系数	植被 NDVI 与气温 的偏相关系数	影响 因素
$P_t > 0.05$	$P_p > 0.05$	均不显著影响
$P_t > 0.05$	$P_p < 0.05$	受降水影响
$P_t < 0.05$	$P_p > 0.05$	受气温影响
$P_t > 0.05$	$P_p > 0.05$	共同影响

2.5 残差分析

随着社会的发展人类活动日益加剧,人类对生态的影响愈发加重,本文通过残差趋势分析人类活动对鄂尔多斯市植被 NDVI 的影响。2000—2020 年鄂尔多斯市植被 NDVI 残差趋势(图 8A)在  $-0.043 \sim 0.041$ ,从空间上来看 95.49%的区域残差趋势为正值,4.51%的区域残差趋势值为负值,表明 21 a 来人类活动对鄂尔多斯市植被的影响逐渐增强,总体上对该地区植被生长起到促进作用。显著性检验(图 8B),显著减少区域与极显著减少区域共占据总面积的 0.16%,无显著变化区域占据面积的 38.16%,极显著增加区域占据面积的 18.03%,显著增加区域占据

面积的 43.65。通过驱动因素公式计算出鄂尔多斯地区人类活动对植被 NDVI 变化的变化起到主导作用,对植被 NDVI 的平均贡献率约为 82.67%,气候变化的贡献率则为 17.33%。

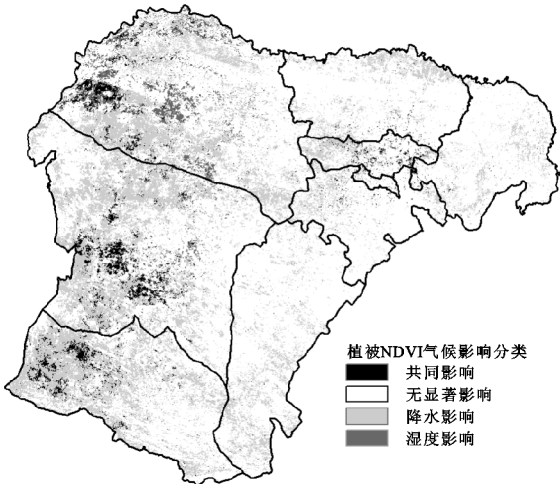


图 7 鄂尔多斯市 2000—2020 年影响植被 NDVI 变化的主要气候因素

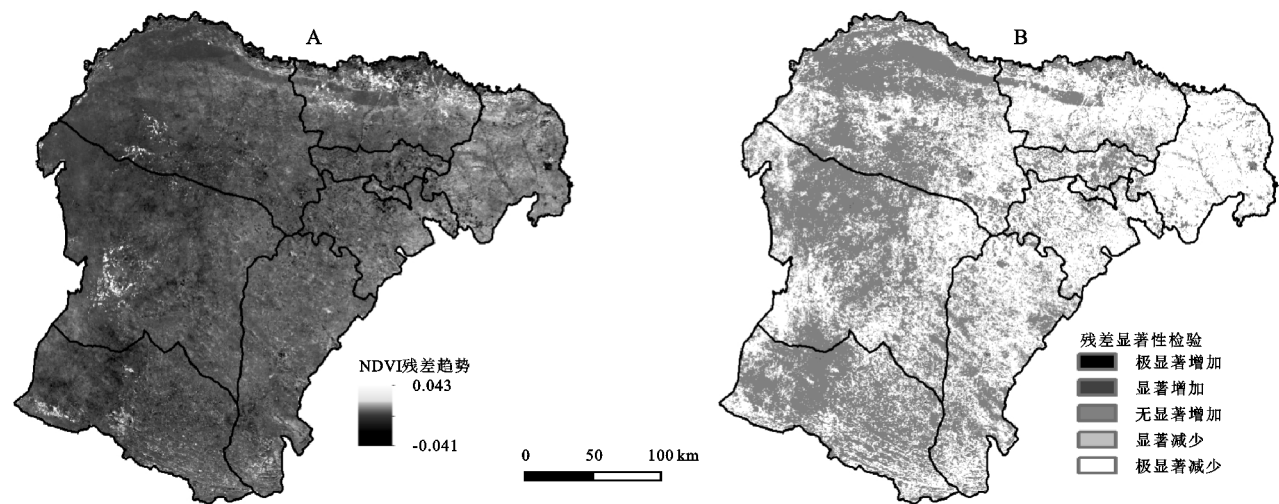


图 8 植被 NDVI 残差趋势及其显著性检验结果

3 讨论

(1) 通过对植被 NDVI 与降水、温度的相关性可知,降水与植被 NDVI 的偏相关系数较大,表明在鄂尔多斯市植被对降水量较为敏感,降水量是控制植被生长的关键气候因子。植被 NDVI 与降水量呈正相关面积大于负相关表明降水对植被的生长起到正向的促进作用,正相关的区域主要分布在鄂尔多斯市西部的草原区,此地区降水量较鄂尔多斯市其他地区降水量偏少,水分条件较其他区域来说较差,即此地区植被生长受到水分限制;植被 NDVI 与温度呈正相关面积低于负相关面积,说明在部分地区温度对植被生长起到抑制作用,呈现负相关面积主要集中在鄂尔多斯市西部,鄂尔多斯降水量从东到西呈现逐渐减少趋势,温度与降水量趋势相大致相反,所以在西部地区由于降水量少而温度的较高,导致植被气孔关闭以及土壤水分蒸发等现象发生,温度较高抑制植被生长,呈现正相关的区域主要分布在降水量较多的东部地区,区域内降水量较其地区较为丰富,温度所带来的热量促进植被生长。

(2) 鄂尔多斯市植被 NDVI 的空间分布大致按照植被分布带呈现从东到西逐渐降低的趋势。通过驱动因素贡献率方法计算气候变化以及人类活动对鄂尔多斯市植被的相对影响度,结果表明 21 a 来人类活动对植被的贡献率远超出气候因素影响,鄂尔多斯市植被 NDVI 的显著增加与 21 a 来鄂尔多斯市持续开展生态保护有关。2000 年鄂尔多斯市的准格尔旗、达拉特旗、乌审旗相继被列入国家退耕还林试点示范项目区继而在全市范围内推广,鄂尔多斯市森林覆盖率从 2000 年的 12.26% 到 2020 年增长到 27.3%,对该地区的水土流失以及生态保护起到了积

极作用,但是鄂尔多斯市处于半干旱与干旱的过渡地带,不适合大面积实施林业发展,以鄂尔多斯市造林总场为例,森林总面积约有 506 km<sup>2</sup>,纯林与混交林比例为 9 : 1,林场中以沙柳、柠条等灌木林为主,占比 60% 以上,乔木林多为杨树,林分结构较为简单,林相破败,防护能力较低。西南地区的草原受到降水的限制,近些年来植被增长幅度虽然不如东北部地区,但是由于干旱草原地带适合牧草生长以及在退牧还草、禁牧轮牧等因素下植被改善在范围较为广泛。部分地区植被 NDVI 值的减少与近些年鄂尔多斯市的土地利用有关,相关资料显示 21 a 来鄂尔多斯市城市建成区面积扩大近 4 倍,耕地面积由 2000 年的 4 607 km<sup>2</sup> 到 2018 年下降至 4 136 km<sup>2</sup>,在鄂尔多斯市北部农田灌溉地区植被 NDVI 值为全市范围内属于较高地区,由于种植结构的变化以及 21 a 来的土地利用等情况下,极容易出现植被 NDVI 趋势减小。

4 结论

(1) 2000—2020 年鄂尔多斯市植被 NDVI 总体呈现上升趋势,全市 68.66% 的区域植被 NDVI 的到改善,西南部植被改善程幅度小于东北部,植被重心逐渐向东北部偏移表明东部地区改善较为明显。

(2) 2000—2020 年鄂尔多斯市植被 NDVI 与气候因子偏相关性存在明显的地区差异,植被 NDVI 与降水的偏相关性较高,降水与温度共同影响的区域约占总面积的 2.27%。

(3) 鄂尔多斯市植被受到人类活动与气候的共同影响,21 a 来人类活动对鄂尔多斯市植被 NDVI 变化起到主导作用,其平均贡献率为 82.67%,气候变化对植被 NDVI 生长影响的主体体现在降水因素上。人类对鄂尔多斯市的植被影响具有两面性,城市建设



对植被的生长起到制约作用,生态工程的实施则有利于植被的生长。

(4) 2000—2020 年鄂尔多斯市以 NDVI 表征的植被覆盖度的增加与人类活动密的影响不可分,但是鄂尔多斯地区气候条件对植被生长有很大的限制作用,实施生态工程中要切实注意到气候变化所带来的影响,切不可盲目扩大草场或林地,对于毛乌素沙地等地区植被实行人工保护,使其形成稳定生态系统。

参考文献:

[1] 仝莉棉,曾彪,王鑫.山西省不同生态区 NDVI 时空变化及其影响因素[J].水土保持研究,2016,23(3):71-76.

[2] Wang J, Meng J J, Cai Y L. Assessing vegetation dynamics impacted by climate change in the southwestern karst region of China with AVHRR NDVI and AVHRR NPP time-series[J]. Environmental Geology, 2008, 54(6):1185-1195.

[3] 李鸣蝉.2000—2017 年澜沧江—湄公河流域植被 NDVI 指数与降水的关系研究[D].昆明:云南师范大学,2019.

[4] 谢宝妮.黄土高原近 30 年植被覆盖变化及其对气候变化的响应[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2016.

[5] 陈效述,王恒.1982—2003 年内蒙古植被带和植被覆盖度的时空变化[J].地理学报,2009,64(1):84-94.

[6] 穆少杰,李建龙,陈奕兆,等.2001—2010 年内蒙古植被覆盖度时空变化特征[J].地理学报,2012,67(9):1255-1268.

[7] 方修琦,余卫红.物候对全球变暖响应的研究综述[J].地球科学进展,2002,17(5):714-719.

[8] 杨艳林.基于遥感技术的香格里拉草地退化研究[D].昆明:云南师范大学,2019.

[9] 张庆斌.2000—2017 年湖南省 NDVI 的时空变化及驱动力定量分析[D].长沙:中南林业科技大学,2020.

[10] Ichii K, Kawabata A, Yamaguchi Y. Global correlation analysis for NDVI and climatic variables and NDVI trends: 1982—1990 [J]. International Journal of Remote Sensing, 2002,23(18):3873-3878.

[11] 李晓兵,史培军.中国典型植被类型 NDVI 动态变化与气湿,降水变化的敏感性分析[J].植物生态学报,2000,24(3):379-382.

[12] 孟晗,黄远程,史晓亮.黄土高原地区 2001—2015 年植被覆盖变化及气候影响因子[J].西北林学院学报,

2019,34(1):211-217.

[13] 金凯,王飞,韩剑桥,等.1982—2015 年中国气候变化和人类活动对植被 NDVI 变化的影响[J].地理学报,2020,75(5):961-974.

[14] 刘梁美子,占车生,胡实,等.黔桂喀斯特山区年 NDVI 变化的影响因素研究[J].地理科学进展,2019,38(11):1783-1792.

[15] 马明国,王建,王雪梅.基于遥感的植被年际变化及其与气候关系研究进展[J].遥感学报,2006,10(3):421-431.

[16] 陈宽,柴洋洋,李科,等.资源型城市人口、GDP 时空变化对土地利用/覆盖的影响:以内蒙古鄂尔多斯市为例[J].资源开发与市场,2020,36(11):1197-1206.

[17] 黄永梅,张明理.鄂尔多斯高原植物群落多样性时空变化特点[J].生物多样性,2006,14(1):13-20.

[18] 王瑾.内蒙古自治区植被覆盖度变化的驱动因素与气候因子响应[D].江苏徐州:中国矿业大学,2020.

[19] 严恩萍,林辉,党永峰,等.2000—2012 年京津风沙源治理区植被覆盖时空演变特征[J].生态学报,2014,34(17):5007-5020.

[20] 李光强,曾绍琴,邓敏,等.重心转移曲线在时空演化模式表达中的应用[J].武汉大学学报:信息科学版,2013,38(8):940-944.

[21] 武正丽.2000—2012 年祁连山植被覆盖变化及其对气候的响应研究[D].兰州:西北师范大学,2014.

[22] 方健梅,马国青,余新晓,等.青海湖流域 NDVI 时空变化特征及其与气候之间的关系[J].水土保持学报,2020,34(3):105-112.

[23] 李应鑫,李石华,彭双云.云南省九大高原湖泊流域 NDVI 时空演变及其与气候的响应关系[J].水土保持研究,2020,27(4):192-200.

[24] Sun Y, Yang Y, Zhang L, et al. The relative roles of climate variations and human activities in vegetation change in North China[J]. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C,2015,87:67-78.

[25] 孙建国,张卓,韩惠,等.气候和人类因素在黄土高原西北部植被变化中的贡献率研究[J].遥感信息,2014,29(2):83-88.

[26] 李辉霞,刘国华,傅伯杰.基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究[J].生态学报,2011,31(19):5495-5504.