

doi: 10.6046/zrzyyg.2021019

引用格式: 晋成名, 杨兴旺, 景海涛. 基于RS的陕北地区植被覆盖度变化及驱动力研究[J]. 自然资源遥感, 2021, 33(4): 258-264. (Jin C M, Yang X W, Jing H T. A RS-based study on changes in fractional vegetation cover in North Shaanxi and their driving factors[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2021, 33(4): 258-264.)

基于RS的陕北地区植被覆盖度变化及驱动力研究

晋成名¹, 杨兴旺¹, 景海涛²

(1. 上海铁路北斗测量工程技术有限公司, 上海 200040; 2. 河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 焦作 454000)

摘要: 基于2000—2015年的陕北地区MODIS数据, 通过地理信息系统和遥感技术, 结合SPSS22.0平台, 运用反距离权重、Pearson相关分析等方法, 研究了陕北地区的植被覆盖度时空变化, 结合降水、气温、社会经济等数据, 研究植被变化的驱动因素。研究表明: 2000—2015年的16 a间, 研究区植被覆盖度整体在0.35~0.55之间; 气候因素分布具有时空差异性, 对植被覆盖度的影响程度不同。根据主成分分析结果, 国内生产总值、农村人口、总人口、耕地面积、降水和气温的贡献率分别为41.4%, -38.3%, 35.7%, 32.8%, 21.3%和7.1%。通过研究植被覆盖的驱动因素, 为未来的生态环境保护提供了科学依据。

关键词: 植被覆盖度; 气候变化; 时空变化; 趋势分析; 社会经济因素

中图法分类号: TP 79; P 208 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-034X(2021)04-0258-07

0 引言

植被是陆地生态系统的神经中枢, 是人类生存不可或缺的环境要素, 为人类社会生活提供重要资源。因此, 大量国内外学者对于植被进行研究, 如郭力宇等^[1]研究了2000—2016年MODIS NDVI植被指数特征变化; 杨元合等^[2]利用植被NDVI数据分析了青藏高原草地植被类型对气候存在明显的滞后效应; 郭永强等^[3]利用黄土高原1978—2015年地表反射率数据, 得出气候变化的贡献率为23.77%; 李登科等^[4]研究了陕西省退耕还林以来气候对植被覆盖的影响; Camberlin等^[5]研究了非洲半干旱地区植被的变化特征, 发现植被与降水量的关系为显著正相关; Cuomo等^[6]通过分析意大利南部地区植被变化, 发现不同区域植被变化的影响因素不同; Evans等^[7]利用残差分析法分离社会经济因素和气候因素对植被的影响, 表明在高纬度地区气温升高会促使植被迅速生长; Sun等^[8]通过研究渭河流域的植被特征, 得出土地开垦导致了植被覆盖率下降; 韩贵

峰^[9]选取人口、国内生产总值(gross domestic product, GDP)和建设用地等作为社会经济因素, 分别分析了各因素对中国东部地区植被覆盖的影响, 结果均呈现出负相关关系, 负相关系数也呈现出空间差异。熊育久等^[10]通过研究城市植被的空间分布, 为城市自然资源评估提供了参考。

本文通过研究陕北地区2000—2015年的植被覆盖度变化情况, 分析研究区植被和降水、气温的相关关系; 并通过调查、统计分析研究区同时期的社会经济状况, 探究不同社会经济影响因子对植被的驱动作用, 对该区域未来生态恢复具有一定的指导意义。

1 研究区概况与数据源

1.1 研究区概况

本文研究区域主要位于陕西省榆林市和延安市, 属于我国黄土高原区域中心地段。该区域地形复杂, 地势不平整, 整体为西高东低, 海拔约500~1 900 m, 高差大。土地总面积92 521 km²。其地理位置范围在N36°~39°, E107°~111°之间。研究区

收稿日期: 2021-01-14; 修订日期: 2021-04-07

基金项目: 中国保护黄河基金会项目“黄河中游水土流失区林草植被发展趋势及对来水来沙和环境的影响专项研究”(编号: CYRF2018002)资助。

第一作者: 晋成名(1994-), 男, 硕士, 主要从事地理信息系统及植被遥感方面的研究。Email: 1324407100@qq.com。

具体地理位置如图1所示。

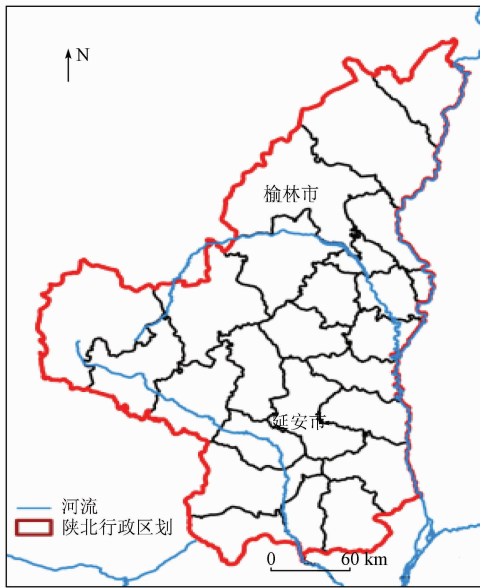


图1 研究区地理位置图

Fig. 1 Geographical map of the study area

1.2 数据源

1) MODIS 数据。数据选取陕北地区 2000—2015 年 MODIS NDVI (MOD13A1) 数据集, 时间分辨率 16 d、空间分辨率 250 m。原始影像为 HDF 格式, 投影为 Sin 投影, 需转换为 TIFF 格式, 利用 ENVI 软件对转换后的 MODIS NDVI 数据进行波段运算, 得到标准的 NDVI 数据集。采用最大值合成法 (maximum value composite, MVC) 分别合成月、年 MODIS NDVI 数据, 进而得到研究区植被覆盖度。

2) 气象数据。主要采用黄河流域气象站点测得的气温数据, 主要来源于中国气象局气象数据共享服务网。降雨数据来源于各个站点监测的水文数据, 采用反距离权重的方法插值为降雨栅格数据。

3) 社会经济数据。社会经济数据来自社会经济数据库 (陕西省统计年鉴数据), 黄土高原数据中心, 以及实地调研数据。包括 2000—2015 年延安市和榆林市的总人口、乡村就业人口、第一产业、粮食产量、第二产业, 第三产业, 耕地面积等。

2 研究方法

2.1 植被覆盖度的计算

根据像元二分模型原理^[11], 植被覆盖度计算公式如下:

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}}, \quad (1)$$

式中: FVC 为植被覆盖度; $NDVI_{soil}$ 为裸土或者无植

被像元的 $NDVI$ 值, 该值无限接近于 0; $NDVI_{veg}$ 为纯植被像元的 $NDVI$ 值, 该值无限接近于 1。

2.2 趋势分析

利用线性回归方法分别研究植被和降雨、气温的变化趋势, 回归方程的斜率代表了植被生长的变化趋势, 其计算公式为:

$$slope = \frac{\sum_{i=1}^n (i - \bar{i})(NDVI_i - \overline{NDVI})}{\sum_{i=1}^n (i - \bar{i})^2}, \quad (2)$$

式中: n 为时间段长度; $NDVI_i$ 为第 i 年的 $NDVI$ 值; \overline{NDVI} 为 $NDVI$ 多年平均值。

当 $slope > 0$ 时, 该研究内的 $NDVI$ 呈现出增长趋势, 当 $slope < 0$ 时, 植被 $NDVI$ 呈减少趋势; 当 $slope$ 的绝对值大小说明植被 $NDVI$ 变化的强烈程度。同理, 降雨和气温的空间趋势也是如此。

2.3 相关分析

为了探索研究区植被特征和气候因子、社会经济因子之间的关系, 本研究选取 16 a 植被数据, 分析年、季植被覆盖度与影响因子之间的关系, 利用相关分析方法, 计算相关系数, 根据相关系数大小探究不同变量之间的关系, 相关系数取值范围为 $[-1 \sim 1]$ 。相关系数计算公式为:

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

式中: R_{xy} 为相关系数; n 为研究时段的年数; x 和 y 分别为用于相关分析的两个变量 \bar{x} 和 \bar{y} 分别代表变量样本平均值。

2.4 MVC 法

为了研究 $NDVI$ 在空间上的整体变化特征, 采用 MVC 法合成研究区 2000—2015 年月 $NDVI$ 值。计算公式为:

$$M_{NDVI_i} = \max(NDVI_{i1}, NDVI_{i2}, NDVI_{i3}), \quad (4)$$

式中: i 为月序号, 取值范围 1~12 整数; M_{NDVI_i} 为第 i 月的 $NDVI$ 值; $NDVI_{i1}, NDVI_{i2}, NDVI_{i3}$ 分别为月的上、中、下旬 $NDVI$ 值。

3 结果与分析

3.1 植被覆盖度的时空变化分析

3.1.1 植被覆盖度年际变化分析

为了更好地研究植被覆盖度变化趋势, 将植被覆盖度分为 4 种类型, 分别为劣覆盖度 (< 0.3)、低

覆盖度([0.3,0.5])、中覆盖度([0.5,0.7])和高覆盖度(>0.7)。在2000—2015年,植被覆盖度整体在0.35~0.55之间,中间年份出现略微波动现象。研究区植被覆盖度整体呈上升趋势,上升趋势率为0.0086/a。2000—2015年均植被覆盖度约为0.46,最高值出现在2015年,其值为0.543;最小值出现在2000年,其值为0.350。

3.1.2 植被覆盖度空间变化分析

结合表1和图2可知,2000—2015年,研究区

由北向南植被覆盖度依次升高,年际植被覆盖度分布主要以劣覆盖度和高覆盖度为主,其次是中覆盖度,低覆盖度占的比重最小。

表1 不同植被年际覆盖度比例分布

Tab.1 Proportion distribution of different vegetation coverage (%)

类型	劣覆盖度	低覆盖度	中覆盖度	高覆盖度
比例	17.2	25.0	27.1	30.7

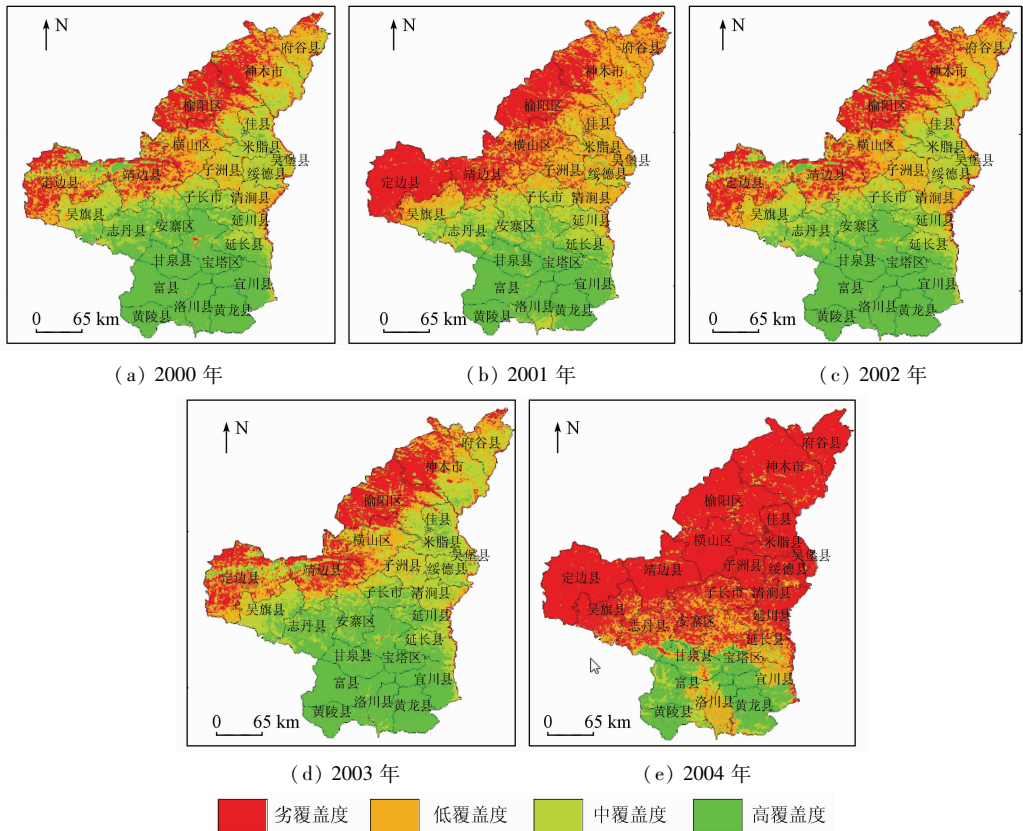


图2 2000—2015年研究区植被覆盖度空间分布

Fig.2 Spatial distribution of vegetation coverage in the study area from 2000 to 2015

3.1.3 植被覆盖度趋势变化

表2为研究区2000—2015年不同时段植被覆盖度趋势变化统计,从表2可以看出,2000—2015年植被处于增加的趋势,有73.45%的像元植被处于改善之中,其中轻度改善的区域占总像元数的

13.79%,中度改善的区域占总像元数的17.76%,明显改善的区域占总像元数的41.9%。在2006—2010年与2000—2005年的对比发现植被变化趋势有明显好转,改善的区域在逐渐扩大,slope大于0的区域占总像元数的58.51%,其中轻度改善的区

表2 研究区2000—2015年不同时段植被覆盖度趋势变化统计

Tab.2 Statistics of vegetation coverage trend in the study area from 2000 to 2015

变化等级	slope 趋势分级	2000—2015年		2000—2005年		2006—2010年		2011—2015年	
		像元数	比例/%	像元数	比例/%	像元数	比例/%	像元数	比例/%
明显退化	(-∞, -0.01)	881	1.08	61 673	75.80	20 127	24.73	38 094	46.81
中度退化	[-0.01, -0.005)	2 921	3.59	6 924	8.50	7 832	9.63	5 851	7.19
轻度退化	[-0.005, -0.001)	7 360	9.15	4 484	5.52	5 807	7.13	6 502	7.99
几乎不变	[-0.001, 0.001)	10 363	12.64	3 733	4.58	10 021	12.31	7 351	9.04
轻度改善	[0.001, 0.005)	11 371	13.79	2 058	2.53	7 554	9.29	5 840	7.42
中度改善	[0.005, 0.01)	14 376	17.76	1 609	1.98	6 406	7.87	4 768	5.86
明显改善	[0.01, +∞)	34 100	41.90	891	1.09	23 625	29.04	12 766	15.69

域占总像元数的 9.29%, 中度改善的区域占总像元数的 7.87%, 明显改善的区域达到 29.04%, 此时间段明显改善的区域大多集中榆林东部地区, 在 2011—2015 年和 2006—2010 年对比得出植被总趋势在退化; 在 2011—2015 年退化的像元数占总像元数的 46.81%, 明显退化的区域主要集中在榆林地区的东部和南部, 延安市的改善和退化区域呈分散分布。

3.2 降水和气温空间变化分析

3.2.1 降水空间变化

根据插值的月降水数据, 利用 ArcGIS 软件栅格计算得到研究区 2000—2015 年的平均降水量空间分布, 如图 3 所示。

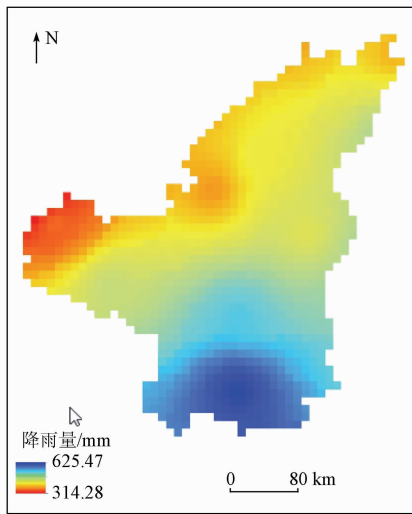


图 3 研究区 2000—2015 年降水特征空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of precipitation characteristics in the study area from 2000 to 2015

整体来看年降水量从南向北逐渐增多, 南北部降水分布不均匀, 年均降水量为 385.217 mm, 年均降雨量最大值为 521.222 mm, 出现在延安地区的洛川县, 最低值为 261.914 mm, 位于榆林西部的定边县。陕北南部降水量较大主要是由于延安南部属于延安高原丘陵沟壑半湿润气候区, 受夏季风影响较大, 太阳辐射条件比较好, 所以降水较多; 长城沿线以北为温带干旱和半干旱气候区, 降水显著减少。

3.2.2 气温空间变化

利用插值的月气温数据, 通过 ArcGIS 栅格计算得出研究区 2000—2015 年的平均气温空间分布, 如图 4 所示。由图 4 可以看出, 气候类型由南部的长城以北风沙滩地重半干旱气候区到延安高原丘陵沟壑半湿润气候区, 研究区南北部地形差异, 导致年均气温呈现由北向南递减, 由东向西递增的趋势。研究区年平均气温是 9.92 °C, 最高温度是 11.22 °C。位于榆林的府谷县, 南部气候干旱, 风

沙较大, 所以温度较高, 最低温度是 7.42 °C, 延安的宜川县和黄龙县, 南部受地形起伏影响, 气候湿润, 温度比较低。

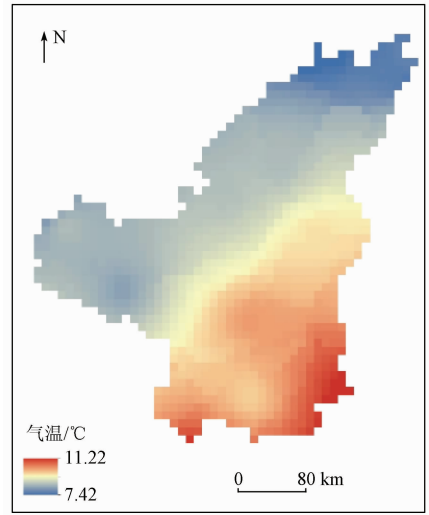


图 4 研究区 2000—2015 年年均气温空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of annual mean temperature in the study area from 2000 to 2015

3.3 降水和气温趋势变化分析

3.3.1 降水趋势变化分析

通过趋势线性分析法来模拟每个栅格的降雨趋势, 反映不同时期的年均降雨量的空间分布特点, 同时趋势线性分析法根据 2000—2015 年每年的降水和气温进行拟合, 消除了研究时段内随机性偶发因素对于降水和气温变化的影响, 拟合结果更贴近于降雨以及气温真实的变化情况。图 5 为通过趋势线性分析法算出研究区 2000—2015 年降雨趋势变化图。

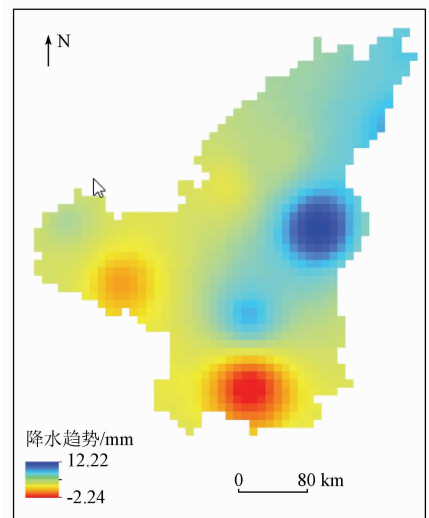


图 5 研究区 2000—2015 年年均降水趋势变化

Fig. 5 Changes in annual average precipitation trends in the study area from 2000 to 2015

3.3.2 气温趋势变化分析

图 6 为通过趋势线性分析法算出研究区 2000—2015 年年均气温的变化趋势。由图可知,陕北地区的年均气温处于上升的趋势,受地形、气候等因素的影响导致研究区的年均气温在空间上呈现差

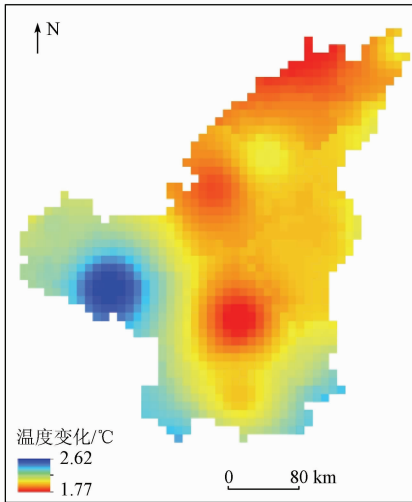


图 6 研究区 2000—2015 年年均气温趋势变化

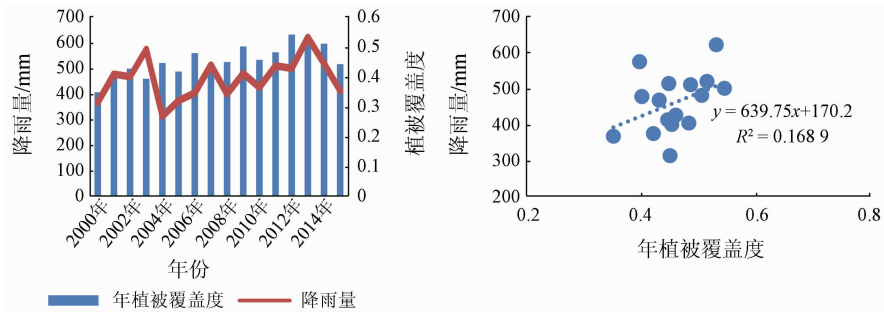
Fig. 6 Trend of annual average temperature in the study area from 2000 to 2015

异。研究区南部的气温的增长要高于研究区北部干旱区,变化趋势的平均值为 2.063,最大值是 2.624,主要集中吴旗县和志丹县的西部地区,最小值是 0.177,主要集中研究区中部和北部地区。

4 植被影响因素分析

4.1 降水对植被的影响

研究区植被覆盖度与降水之间的相关性如图 7 所示,研究区年植被覆盖度与年降雨量呈正相关关系,植被覆盖度随着降雨量的增加而增加,两者相关系数为 0.42。降雨量整体在 300 ~ 650 mm,16 a 平均降雨量为 426.3 mm。在 2000—2002 年降雨量呈逐渐增加趋势,2000—2002 年植被覆盖度呈明显的增加趋势,2000—2002 年植被覆盖度和降雨量变化趋势一致,而在 2004 年降雨量显著减少,植被覆盖度增加,说明在 2004 年植被可能受到社会经济因素的影像,退耕还林还草政策有利于植被恢复。2004—2015 年,植被覆盖度和降雨量变化趋势基本一致,未出现滞后现象。



(a) 年植被覆盖度与降雨量统计图

(b) 年植被覆盖度与降雨量相关分析图

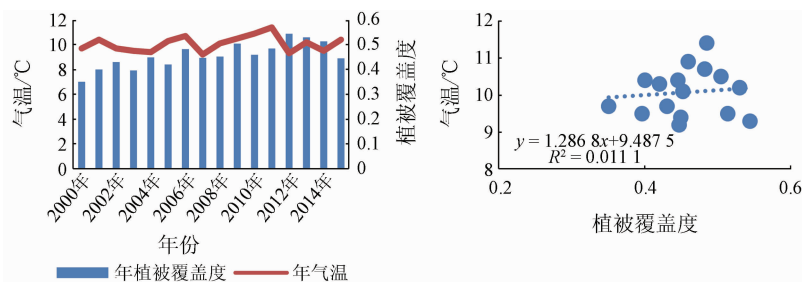
图 7 年植被覆盖度与降水相关关系

Fig. 7 Correlation between vegetation coverage and precipitation

4.2 气温对植被的影响

研究区植被覆盖度与气温之间的相关性如图 8 所示,研究区年植被覆盖度与年气温整体呈正相关关系,植被覆盖度随着气温的增加而增加,两者相关

系数为 0.11。气温整体在 9 ~ 12 °C。在 2001 年和 2011 年出现峰值,植被覆盖度出现峰值却在 2002 年和 2012 年,表现出一定的时滞效应。



(a) 年植被覆盖度与年均气温统计图

(b) 年植被覆盖度与年均气温相关分析图

图 8 年植被覆盖度与气温相关关系

Fig. 8 Correlation between vegetation coverage and air temperature

5 综合影响分析

统计2000—2015年研究区的植被覆盖度数据、降水和气温数据、社会经济数据(GDP、农村人口、总人口、耕地面积等),数据标准化之后进行主成分分析,结果如表3所示。

表3 植被覆盖变化驱动因子贡献率
Tab.3 Contribution rate of drivers of vegetation cover change

主成分	特征值	贡献率/%
GDP	3.36	41.4
农村人口	1.8	-38.3
总人口	0.79	35.7
耕地面积	0.52	32.8
降水	0.21	21.3
气温	0.04	7.1

由表3可知,影响最大的是国内生产总值,有着超出1/3的贡献率(41.4%)。其次是农村人口变化,农村人口变化对植被有-38.3%的贡献率。然后是耕地面积,对植被有32.8%的贡献率,由于退耕还林政策的实行,植被覆盖度受到较大影响。降水影响是在整个研究区起作用,相对气温,降雨量16年来出现较大波动,因此降水对植被有21.3%的贡献率,由于气温作用的有限性,且2000—2015年均气温变化幅度为3℃左右,因此其贡献率最低,仅为7.1%。它们之间的排序为:GDP>农村人口>总人口>耕地面积>降水>气温,可以理解城市化的加剧,对植被覆盖产生了巨大影响。

6 结论

通过研究陕北地区2000—2015年的植被覆盖度和降水、气温的相关关系,得出结论;

1)陕北地区植被覆盖度整体在0.35~0.6之间,相邻年份间植被覆盖度呈现交替性变化。在2015年,植被覆盖度明显较差,研究区整体的植被覆盖度变化曲线具有一致性。

2)研究区年植被覆盖度与年降水呈正相关关系,植被覆盖度随着降雨量的增加而增加,两者相关系数为0.42。气温整体在9~12℃,在2001年和2011年出现峰值,植被覆盖度出现峰值却在2002年和2012年,表现出一定的时滞效应。

3)2000—2015年随着经济发展、人口迁移、退耕还林以及退耕还草等政策,植被覆盖提高,生态环境优化。

参考文献(References):

- [1] 郭力宇,李雨思,王涛,等.气候变化与人类活动对植被覆盖的影响[J].西安科技大学学报,2020,40(1):148-156.
Guo L Y, Li Y S, Wang T, et al. The impact of climate change and human activities on vegetation coverage[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2020, 40(1): 148-156.
- [2] 杨元合,朴世龙.青藏高原草地植被覆盖变化及其与气候因子的关系[J].植物生态学报,2006(1):1-8.
Yang Y H, Piao S L. Grassland vegetation cover change on the Qinghai-Tibet Plateau and its relationship with climate factors[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2006(1): 1-8
- [3] 郭永强,王乃江,褚晓升,等.基于Google Earth Engine分析黄土高原植被覆盖变化及原因[J].中国环境科学,2019,39(11):4804-4811.
Guo Y Q, Wang N J, Chu X S, et al. Analysis of vegetation cover changes and causes in the Loess Plateau based on Google Earth Engine[J]. China Environmental Science, 2019, 39(11): 4804-4811.
- [4] 李登科,王钊.退耕还林后陕西省植被覆盖度变化及其对气候的响应[J].生态学杂志,2020,39(1):1-10.
Li D K, Wang Z. The change of vegetation coverage in Shaanxi Province after returning farmland to forest and its response to climate[J]. Journal of Ecology, 2020, 39(1): 1-10.
- [5] Camberlin P, Martiny N, Philippon N, et al. Determinants of the interannual relationships between remote sensed photosynthetic activity and rainfall in tropical Africa[J]. Remote Sensing of Environment, 2008, 106(2): 199-216.
- [6] Cuomo V, Lanfredi M, Lasaponara R, et al. Detection of interannual variation of vegetation in middle and southern Italy during 1985-1999 with 1 km NOAA AVHRR NDVI data[J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2001, 106(D16): 17863-17876.
- [7] Evans J, Geerken R. Discrimination between climate and human-induced dryland degradation[J]. Journal of Arid Environments, 2004, 57(4): 535-554.
- [8] Sun C F, Liu Y, Song H M, et al. Tree-ring evidence of the impacts of climate change and agricultural cultivation on vegetation coverage in the upper reaches of the Weihe River, northwest China[J]. Science of the Total Environment, 2020, 707.
- [9] 韩贵锋.中国东部地区植被覆盖的时空变化及其人为因素的影响研究[D].上海:华东师范大学,2007.
Han G F. Study on the temporal and spatial changes of vegetation cover in eastern China and the influence of human factors[D]. Shanghai: East China Normal University, 2007.
- [10] 熊育久,赵少华,鄢春华,等.城市绿地资源多尺度监测与评价方法探讨[J].国土资源遥感,2021,33(1):54-62. doi:10.6046/gtzyyg.2020069.
Xiong Y J, Zhao S H, Yan C H, et al. Discussion on multi-scale monitoring and evaluation methods of urban green space resources[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2021, 33(1): 54-62. doi:10.6046/gtzyyg.2020069.
- [11] 朱林富.基于MODIS数据的植被覆盖度时空变化及石漠化监测研究[D].重庆:西南大学,2018.
Zhu L F. Research on spatiotemporal changes of vegetation cover-

age and rocky desertification monitoring based on MODIS data

[D]. Chongqing: Southwest University, 2018.

A RS – based study on changes in fractional vegetation cover in North Shaanxi and their driving factors

JIN Chengming¹, YANG Xingwang¹, JING Haitao²

(1. *Shanghai Railway Beidou Survey Engineering Technology Co., Ltd., Shanghai 200040, China*; 2. *School of Surveying and Mapping and Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China*)

Abstract: This study investigates the spatial – temporal changes in the fractional vegetation cover in North Shanxi using the methods of inverse distance weighting and Pearson correlation analysis based on the GIS, RS, and SPSS22.0 platforms and the MODIS data of North Shanxi from 2000 to 2015. Meanwhile, it researches the driving factors of the vegetation changes according to the data of precipitation, air temperature, and social economy. The results are as follows. During 2000 – 2015, the overall fractional vegetation cover in the study area varied in the range of 0.35 ~ 0.55. Meanwhile, the spatial – temporal differences in the distribution of climatic factors produced different effects on the fractional vegetation cover. According to the results of principal component analysis, the contribution rates of GDP, rural population, total population, cultivated land area, precipitation, and air temperature were 41.4%, -38.3%, 35.7%, 32.8%, 21.3%, and 7.1%, respectively for the changes in the fractional vegetation cover. The study on the driving factors of vegetation cover will provide a scientific basis for future ecological protection.

Keywords: vegetation coverage; climate change; spatial – temporal change; trend analysis; socio – economic factors

(责任编辑: 李 瑜)