

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2021.01.004

基于灰色理论的陕西省土地利用变化及其碳排放研究

严 慈, 侯兰功

(西南科技大学 土木工程与建筑学院, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为了揭示陕西省 2006—2018 年碳排放变化规律, 促进陕西省低碳土地利用模式构建, 本文根据陕西省 2006—2018 年的土地利用数据构建碳排放模型及计算相关指数, 分析土地利用的碳排放效应, 通过灰色关联度分析, 确定不同土地类型与碳排放的关联程度高低, 运用 GM(1, 1) 模型, 预测出 2020—2030 年的土地碳排放量。得出以下结论: 1) 2008—2016 年, 未利用地动态度最大为 -5.87% , 其次为水域用地, 动态度为 -2.09% ; 再次为建设用地, 动态度为 1.99% ; 2) 净碳排放总量从 2006 年的 5 395.43 万 t 增长到 2018 年的 13 365.79 万 t, 林地为主要碳汇, 其吸收的碳量由 666.32 万 t 增加到 719.14 万 t, 建设用地作为主要碳源, 其产生的碳排放量由 5 891.10 万 t 增加到 13 912.24 万 t; 3) 土地利用碳排放风险指数和压力指数处于增长的趋势; 4) 按照对碳排放影响大小, 土地类型依次为林地、耕地、牧草地、建设用地、园地、未利用地、水域用地; 5) 经预测到 2020 年, 碳排放总量约达到 10 668.30 万 t, 到 2030 年, 碳排放总量约达到 10 492.20 万 t。

关键词: 土地利用; 碳排放; 灰色理论; 陕西省

中图分类号: F301, X24

文献标志码: A

文章编号: 1006-4710(2021)01-0025-07

Study on land use change and carbon emission in Shaanxi Province based on grey theory

YAN Ci, HOU Langong

(School of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, China)

Abstract: In order to reveal the changes in carbon emissions in Shaanxi Province from 2006 to 2018, and to promote the selection of low-carbon soil utilization models in Shaanxi Province, this article builds a carbon emission model and calculates related indexes based on the land use data of Shaanxi Province from 2006 to 2018. The carbon emission effect of land use is analyzed, the degree of correlation between different soil types and carbon emissions through the gray correlation analysis is determined, and the GM(1, 1) model is used to predict the land carbon emissions from 2020 to 2030. The following conclusions are drawn: 1) From 2008 to 2016, the maximum dynamic degree of unused land is -5.87% , followed by that of water area land, with dynamic degree of -2.09% , and for construction land, with dynamic degree of 1.99% ; 2) Total net carbon emissions release increases from 53,954,300 tons in 2006 to 133,657,900 tons in 2018. Forest land is the main carbon sink, with the amount of carbon absorbed increasing from 6,663,200 tons to 7,191,400 tons. Construction land is used as the main carbon source. Its carbon emissions increases from 5,891,100 tons to 13,912,400 tons; 3) Land use carbon emission risk index and pressure index are increasing; 4) According to the impact on carbon emissions, the land types are forest land, arable land, pasture grassland, construction land, garden land, unused land, and water area land; 5) It is predicted that by 2020, the total carbon emissions will reach approximately

收稿日期: 2019-12-11; 网络出版日期: 2020-08-10

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1294.N.20200810.1521.002.html>

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41701172); 四川省教育厅自然科学基金资助项目(15ZA0123)

第一作者: 严慈, 女, 硕士生, 研究方向为生态环境效应。E-mail: 897491429@qq.com

通信作者: 侯兰功, 男, 博士, 副教授, 硕导, 研究方向为区域发展与规划。E-mail: soundskyhlg@163.com

106,683,000 tons, and by 2030 the total carbon emissions will reach approximately 104,922,000 tons.

Key words: land use; carbon emission; grey theory; Shaanxi Province

碳排放作为社会经济发展的产物,是使得全球气温升高的重要原因^[1]。党的十九大报告明确提出,应加快生态文明体制改革,建立健全绿色低碳循环发展的现代化经济体系,努力形成人与自然和谐共生的新发展格局^[2]。人类的各项活动对于土地碳循环的影响最直接,并且用地变化产生的二氧化碳量,仅次于化石燃料燃烧释放的二氧化碳量,是第二大温室气体排放源^[3]。当下中国正处于城市化与工业化快速发展阶段,土地利用情况变化显著,对碳储存和碳排放产生了显著影响。因而对于不同土地利用方式下碳排放的效应进行研究,对于实现土地的低碳利用,促进区域经济与环境的协调发展,构建区域生态文明新格局具有重要的价值与意义。

2019年12月4日,“全球碳项目”发布的《2019年全球碳预算》中指出,2009—2018年土地利用变化的碳排放,其森林砍伐和其他土地变化产生的CO₂净排放量平均为5.5±2.7 Gt,约占人类活动(化石燃料燃烧、工业、土地利用变化)排放总量的14%。2018年土地利用变化、化石燃料和工业排放的CO₂总和达到42.1±2.8 Gt。当下土地利用对陆地碳循环的新成果表明在充分考虑土地利用的影响之下,原生生态系统的作用过去被高估了50%,土地利用变化对于碳源汇年际波动具有显著贡献。国内外学者对土地利用碳排放研究主要从以下方面展开:一是土地利用变化对于碳排放机制的研究^[4-6];二是对主要的碳源和碳汇进行研究^[7-8];三是对碳排放整体变化的研究^[9-10];四是建设用地的碳排放与碳排放总量之间的关系研究^[11-12];五是土地利用变化与碳排放关系的数理测度模型研究^[13-14];六是土地利用碳排放的核算方法研究^[15-17]。现如今对于土地利用碳排放的研究已经逐渐丰富到各个层面,其相关研究已取得了丰硕的成果。陕西省作为中国首批低碳试点地区之一,健全绿色低碳发展势在必行。随着陕西省经济社会的快速发展,城镇化步伐的推进,土地利用类型变化显著。本文在当前低碳经济的背景下分析陕西省2008—2016年的土地利用数据,从能源消费的角度估算建设用地的碳排放量,并计算其它地类的碳排放量,运用碳排放计量模型对于土地利用碳排放效应进行研究,运用灰色理论模型,研究土地类型与碳排放二者之间的关联性并进行分析,预测未来年份的碳排放情况,以期可为陕西省低碳土地利用模式与生态文明格局的

构建给予参考。

1 研究区概况

陕西省区域位于北纬31°42′~39°35′,东经105°29′~111°15′。地势南北高、中部低,西部高、东部低。北部为陕北黄土高原,中部为关中平原,南部为陕南秦巴山地,地貌类型较为丰富。全省纵跨黄河和长江两大流域,是新亚欧大陆桥和中国西北、西南、华北、华中地区间的重要门户。

陕西省土地总面积为2 056.24万km²,城镇化率由2006年的39.12%增长到2018年的58.13%,生产总值由2006年的4 743.61亿元增长到2018年的24 438.32亿元。当下随着陕西省经济和社会的不断发展,城镇化与工业化稳步推进,同时省域内土地利用类型发生了较大变动,继而使得区域内碳储存与排放产生影响。因此,本文选取陕西省作为研究区域,期望通过相关研究为区域内土地利用的协调与可持续发展给予参考。

2 资料来源和研究方法

2.1 资料来源

2006—2018年陕西省土地利用变化数据来自西安市国土资源局,2006—2018年陕西省能源消耗数据来源于国家统计局官方网站公布的数据。本文参考中国科学院的土地资源分类系统以及兼顾其他分类标准,对不同年份的土地利用数据进行分类和整理,以提高结果的准确性。对于土地,将其分为七种类型:耕地、园地、林地、牧草地、建设用地(城镇村及工矿用地、交通运输用地和水利设施用地)、水域用地、未利用地。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用动态度分析方法

单一土地利用类型动态度指在特定时期、某类用地的数量变化,其可直接反映出土地利用速度的变化情况,其公式为:

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

式中:K为时间内单一土地利用类型动态度;T为研究时间内时间间隔,单位为a;U_a为某土地类型于研究早期面积;U_b为某土地类型于研究末期面积。K负值表示研究时间段内,土地面积减少的动态度;K正值表示研究时间段内,土地面积增加动态度。

2.2.2 不同用地类型的碳排放估算方法

土地碳排放分为直接与间接排放。直接排放为用地类型转换与维持这两种方式所产生的排放量;间接排放主要指人类在不同用地之上的活动所产生的排放量。

对于耕地、园地、林地、牧草地、水域、未利用地这6种用地,其排放量采用直接排放法进行估算,公式为:

$$C = S_i \times E_i \quad (2)$$

式中: C 为碳排放总量; S_i 为第 i 种用地类型对应的面积; E_i 为第 i 种用地类型碳排放系数,其中碳排放(吸收)系数参考以往研究结果^[18](见表1)。 C 负值代表碳吸收, C 正值代表碳排放。

表1 土地利用类型的碳排放系数

Tab.1 Carbon emission coefficients of land use types

用地类型	碳排放系数
耕地	0.422
园地	0.210
林地	-0.644
草地	-0.022
水域	-0.218
未利用地	-0.005
建设用地(能源消耗)	0.68(C)/t 标准煤

根据《2006年 国家温室气体排放指南》中碳排放估算公式(见式(3)),得出建设用地的碳排放。

$$C_c = \sum_{i=1}^N B_i \times D_i \times E_i \quad (3)$$

式中: C_c 为建设用地的总碳排放量; B_i 为第 i 种能源消费量; E_i 为第 i 种能源的碳排放系数; D_i 为第 i 种能源的折标准煤系数; N 为能源类型数量; i 为能源类型。本文选取煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油与天然气为主要能源,即 N 取 8。因电力属二次能源,其碳排放从电力行业的化石能源消耗来计算,为免于重复计算,将电力的碳排放系数认为是 0。各化石能源的碳排放系数和标准煤折煤系数分别参考 IPCC《国家温室气体排放清单指南》(2006年)、《中国能源统计年鉴》。

2.2.3 土地利用碳排放风险分析

1) 碳排放风险指数

不同土地利用类型碳排放的生态风险指数,表明区域综合碳排放风险大小,公式为:

$$C_{RI} = \sum_{i=1}^7 \frac{S_i K_i}{S} \quad (4)$$

式中: C_{RI} 为土地利用碳排放风险指数; S_i 为第 i 类用地类型对应面积; S 为区域总面积; K_i 为第 i 类

土地类型碳排放系数; $i = 1, 2, 3, \dots, 7$ 。

2) 碳足迹压力指数

研究区域碳足迹压力指数,反映出人类社会活动对于区域生态环境的扰动影响,公式为:

$$C_k = \frac{C_r}{C_n} \quad (5)$$

式中: C_k 为碳足迹压力指数; C_r 为区域土地利用总碳源; C_n 为区域土地利用总碳汇。当 $C_k \leq 1$ 时,表明区域生态系统处于碳平衡稳定状态;当 $C_k > 1$ 时,表明区域生态系统处于碳平衡失调状态,区域碳循环生态系统压力过大。

2.2.4 灰色关联度分析方法

灰色关联分析方法是研究系统内各重要要素间关联程度实证分析的一种方法。

1) 将参考序列记为 $X_0(T)$, 比较序列记为 $X_i = \{X_i(T) | T = 1, 2, 3, \dots, n\}, i = 1, 2, 3, \dots, m$, 通常将影响主研究对象的因素记为比较序列。

2) 各要素之间的关联度计算公式为:

$$\zeta_i(T) = \frac{[\min_i \min_T \Delta_i(T) + \delta \max_i \max_T \Delta_i(T)]}{[\Delta_i(T) + \delta \max_i \max_T \Delta_i(T)]} \quad (6)$$

$$\Delta_i(T) = |X_0(T) - X_i(T)| \quad (7)$$

式中: δ 为分辨系数,一般取 $\delta = 0.5$ 。

3) 求关联度的大小

比较序列 $X_i(T)$ 与参考序列 $X_0(T)$ 的关联度为:

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{T=1}^n \zeta_i(T) \quad (8)$$

本文采用平均值。

4) 关联度大小排序

计算出的结果按大小进行排序,数值越大,表明其关联度越高,关系越密切。

2.2.5 GM(1,1)灰色预测法

灰色预测 GM(1,1)模型是对于数列的不断累加进而发现累加数列的规律,最后通过时间响应函数,由小数据精准预测。

灰色预测的过程为:

$$X^{(1)}(k) = \sum_{m=1}^k X^{(0)}(m) = X^{(1)}(k-1) + X^{(0)}(k) \quad (9)$$

利用得出的累加数列 $X^{(1)}$, 确定数据矩阵 B 和 Y :

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(X^{(1)}(3) + X^{(1)}(4)) & 1 \\ -\frac{1}{2}(X^{(1)}(4) + X^{(1)}(5)) & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$Y = [X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), X^{(0)}(4), X^{(0)}(5)]^T \quad (11)$$

使用最小二乘法,估量出参数列 φ :

$$\varphi = [\lambda, \mu]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (12)$$

建立 GM(1,1)模型后,可以从方程中获得时间响应函数:

$$X^{(1)}(t+1) = [X^{(0)}(1) - \mu/\lambda]e^{-\lambda t} + \mu/\lambda \quad (13)$$

求得原始数据的还原值:

$$X^{(0)}(t) = X^{(1)}(t) - X^{(1)}(t-1) \quad (14)$$

GM(1,1)模型通常使用后验检验来验证其准确性。由初始数据的方差 S_1^2 与残差方差 S_2^2 可求得后验差比 C:

$$S_1 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X^{(0)}(t) - \bar{X})^2} \quad (15)$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (q^{(0)}(t) - \bar{q})^2} \quad (16)$$

$$C = S_2/S_1 \quad (17)$$

式中: \bar{X} 是 $X^{(0)}$ 的平均值, \bar{q} 是 $q^{(0)}$ 的平均值。

小误差概率为:

$$P = \{ |q^{(0)}(t) - \bar{q}| \leq 0.6745S_1 \} \quad (18)$$

3 结果与分析

3.1 陕西省土地利用类型的变化

从表2可知土地利用动态变化情况。2006—2012年,未利用地的动态度最大为-11.74%,其次为水域用地,动态度为-4.35%。在这6年间,未利用地和水域用地的面积呈现出较大的减少趋势,表明陕西省对于土地的开发、利用强度增强。2012—2018年,建设用地的动态度最大为1.07%,其次为园地,动态度为-0.34%。在这6年间,随着城市化步伐的加快,各种建设活动稳步推进,导致建设用地动态变化为最大。2006—2018年,未利用地的动态度最大为-5.87%,其次为水域用地,动态度为-2.09%,再次为建设用地,动态度为1.99%。表明在这12年间,陕西省对于土地的开发、利用强度增强,同时城镇化率由2006年的39.12%增长到2018年的58.13%,其建设强度不断增强。

表2 土地利用动态度

Tab. 2 Dynamic degree of land use

用地类型	相应时间段动态度/%		
	2006—2012年	2012—2018年	2006—2018年
耕地	-0.30	-0.01	-0.16
园地	3.07	-0.34	1.34
林地	1.39	-0.07	0.66
牧草地	-1.04	0.01	-0.54
建设用地	2.74	1.07	1.99
水域用地	-4.35	0.22	-2.09
未利用地	-11.74	0.01	-5.87

2006—2018年,在这12年间,林地是增量最大的地类,增加了82万 hm^2 ,其次是建设用地增加21.5万 hm^2 ,再次是园地面积增加11.2万 hm^2 ;未利用地是减少最多的地类,减少了79.6万 hm^2 ,其次为牧草地,减少20.1万 hm^2 ,水域用地和耕地面积分别减少了9.3万 hm^2 、7.5万 hm^2 (图1)。

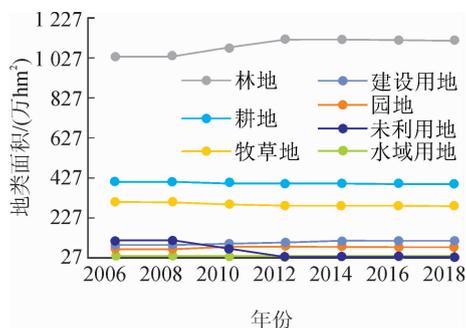


图1 2006—2018年土地利用状况

Fig. 1 Land uses from 2006 to 2018

3.2 陕西省不同用地碳排放量计算

根据2006—2018年的土地利用数据,运用式(2)~(3),计算出各类用地的碳排放或吸收量。

由表3可知,陕西省的净碳排放总量呈增长态势。从2006年的5395.43万t增长到2018年的13365.79万t。其中建设用地为主要碳源,林地为主要碳汇。2006—2018年建设用地碳排放量从5891.10万t增长到13912.24万t;耕地碳排放量由171.27万t降低至16808万t;林地碳吸收量由666.32万t增加到719.14万t。自2012年以来,碳排放量的增长速率有所下降。随着经济社会的快速发展,城市的扩张以及能源的大量消耗使得碳排放量逐年增加。林地面积的增加,以及树木生长吸收二氧化碳能力的不断增强使得碳吸收量逐年增加。

表3 主要年份土地利用碳排放指标值

Tab.3 Indicators for carbon emissions from land use for major years

单位:万 t

年份	耕地	园地	林地	牧草地	建设用地	水域用地	未利用地	净碳排放总量
2006	171.27	14.78	-666.32	-6.76	5 891.10	-8.08	-0.57	5 395.43
2008	170.92	14.83	-666.80	-6.74	7 236.98	-8.04	-0.56	6 740.59
2010	169.62	16.20	-694.49	-6.54	9 361.89	-7.02	-0.37	8 839.29
2012	168.19	17.50	-721.97	-6.33	11 946.17	-5.97	-0.17	11 397.42
2014	168.58	17.26	-721.11	-6.29	13 356.72	-5.95	-0.17	12 809.04
2016	168.36	17.18	-719.47	-6.32	13 502.94	-5.92	-0.17	12 956.60
2018	168.08	17.15	-719.14	-6.31	13 912.24	-6.05	-0.17	13 365.79

3.3 土地利用类型碳排放风险分析

碳排放是使得生态系统遭受破坏的原因之一,其导致生态系统结构与功能的破坏,危及区域生态系统的安全,甚至于危害全球生态系统。运用式(4)计算陕西省土地类型的碳排放风险指数,研究区域碳排放风险大小。由图2可知,陕西省碳排放风险指数呈现出先增长后减少的态势,在2012年风险值最大,线性趋势预测表明未来几年陕西省碳排放的风险指数会持续升高,2016年与2018年风险指数小于线性预测值,表明陕西省在发展的同时实行节能减排的政策已得到相应成果。



图2 2006—2018年陕西省土地利用碳排放风险指数变化
Fig.2 Change of land use carbon emission risk index in Shaanxi Province from 2006 to 2018

3.4 土地利用类型碳排放压力分析

碳排放量作为一种干扰因素,其影响生态系统的平衡稳定。运用式(5)计算陕西省土地类型的碳排放压力指数,研究区域碳排放压力大小。由图3可知,陕西省2006—2018年碳排放压力指数均大于1,其碳排放大于碳吸收,说明该区域生态系统处于碳平衡失调状态。通过线性趋势预测可知,陕西省碳排放压力指数未来将会持续升高。2016年其碳排放压力指数小于预测值,与陕西省实行“退耕还林”政策,碳汇效应增加有关。从总的趋势来看,其压力指数持续增高,2014年到2016年增长速率降低,表明陕西省在城市发展的同时,实行节能减排、优化能源结构、促进产业转换升级已取得相应成果,由于社会经济的不断发展,碳排放压力指数可能会有小幅增长。

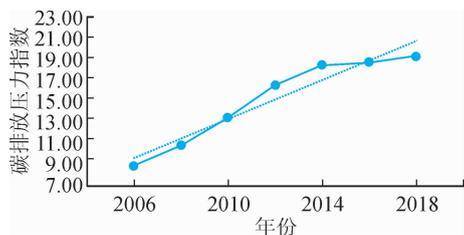


图3 2006—2018年陕西省土地利用碳排放压力指数变化
Fig.3 Change of pressure index of carbon emission from land use in Shaanxi Province from 2006 to 2018

3.5 陕西省土地利用与碳排放灰色关联分析

为了更有效地分析用地类型与碳排放的相关程度,本文运用灰色关联分析方法,对七种用地类型与净碳排放量进行分析(见表4)。

表4 用地类型与净碳排放量关联度
Tab.4 Correlation between land use type and net carbon emissions

土地类型	关联度
耕地	0.972
园地	0.952
林地	1.017
牧草地	0.966
建设用地	0.953
水域用地	0.949
未利用地	0.952

通过计算得知,七种土地类型与净碳排放量之间的关联系数均大于0.5,表明二者存在线性关系。选取的七种地类对碳排放影响的主次程度为:林地>耕地>牧草地>建设用地>园地=未利用地>水域用地。由于林地能够增加土层和植物生命体的碳存储量,其作为碳汇的主要来源,与陕西省的碳排放关联度最高,对土地利用碳减排的贡献率最大。碳排放与农用地中的耕地关联度最高,表明耕地是农用地碳排放最大的碳源。牧草地作为碳汇来源,其与碳排放有较高的关联度。同时,碳排放与建设用地有较高的相关性。交通运输用地上承载着高燃

耗的汽车尾气排放,随着交通用地面积的不断扩张、交通承载力扩大,高能耗带来的高排放必然造成碳排放增加。城镇村及工矿用地承载着人们日常生活取暖所需以及工业用地上进行工业化发展所需的各种燃料燃烧。随着人口的增长和工业化的发展,对能源的需求量与日俱增,居民点及工矿用地毋庸置疑地成为碳排放增加的重要源头。

3.6 土地利用碳排放预测

根据 GM(1,1)模型求解过程,测试灰度预测方差比 c 和小误差概率 P 的准确性。 c 和 P 都在允许范围之内($P=1, c<0.35$),满足精度等级要求,可以建立 GM(1,1)模型,通过时间响应函数:

$$X(K+1) = -3287784e^{-0.00330479K} + 3294585 \quad (19)$$

对 2020—2030 年陕西省碳排放总量进行预测。

由表 5 可知,通过 GM(1,1)灰色预测,2020 年,碳排放总量约达到 10 668.30 万 t,2030 年,约达到 10 492.20 万 t,未来碳排放有减少的趋向。这说明陕西省高度重视节能减排工作,严格按照土地利用总体规划,合理集约利用土地,限制建设用地无序扩张,以减少建设用地能源消耗所产生的碳源,实施退耕还林和植树造林以增加碳汇。

表 5 碳排放预测

Tab. 5 Carbon emission forecast

年份	预测值/万 t
2020	10 668.30
2022	10 632.85
2024	10 597.51
2026	10 562.29
2028	10 527.17
2030	10 492.20

4 结论与建议

1) 2006—2018 年陕西省的土地利用类型,未利用地动态度最大为 -5.87%;其次为水域用地为 -2.09%;再次为建设用地,动态度为 1.99%。2006—2018 年,陕西省林地、建设用地、园地面积有所增加,以林地和建设用地的增加最多,其与陕西省践行退耕还林政策、经济快速发展与城市快速扩张有关;未利用地和牧草地面积减少,表明其他用地类型对于未利用地和牧草地有不同程度的占用。

2) 2006—2018 年陕西省碳排放总量由 5 395.43 万 t 增长到 13 365.79 万 t。在陕西省的碳排放中,林地是主要碳汇,建设用地是主要碳源,林地的碳吸收量从 666.32 万 t 增加到 719.14 万 t,建设用地产

生的碳排放从 5 891.10 万 t 增长到 13 912.24 万 t。随着陕西省近年来城市的扩张、第二产业快速发展、能源的大量消耗使得碳排放量逐年增加。林地面积增加以及树木生长吸收二氧化碳的能力不断增强,碳吸收量逐年增加。

3) 陕西省 2006—2018 年碳排放风险指数和压力指数均处于增长态势。碳排放风险指数于 2012 达到最大值,后呈减小的态势。碳排放压力指数在 2006—2014 年持续增长,2014 年到 2018 年增长率降低,表明实行的节能减排,优化能源结构的政策,使得碳排放压力指数增幅减少。

4) 运用灰色关联理论,进行碳排放指标和土地利用指标的关联度分析,发现陕西省的用地类型与碳排放之间存在线性相关关系,影响程度分别为林地>耕地>牧草地>建设用地>园地=未利用地>水域用地。进行 GM(1,1)预测,到 2020 年,碳排放总量约达到 10 668.30 万 t,2030 年,碳排放总量约达到 10 492.20 万 t,未来碳排放量呈现出减少的趋势。

土地利用对于碳排放有重要的影响。在经济社会结构改革和转型的关键时期,针对陕西省碳排放的实际情况,为实现土地资源低碳可持续发展提出如下相关建议。

1) 优化土地利用结构,控制建设用地规模扩张,提高土地节约集约利用强度,减少碳源。与此同时,提高森林与牧草的覆盖率,促进其他用地向林地、草地转换,增加碳汇。

2) 建设用地作为陕西省最主要的碳源,除了对于建设用地扩张进行控制之外,还需将能源消费量控制在资源环境可承载的范围之内,优化产业结构,促进产业的转换升级。

3) 耕地作为陕西省第二大碳源,应大力发展绿色农业,着力提升土壤碳储存的能力。土地利用变化的碳排放量与区域生态系统影响是一个复杂的过程。当下在计算建设用地碳排放时,仅考虑化石能源的碳排放,未能对于农村生物质能燃烧的碳排放给予考虑。当下的研究不能充分的解释这个过程,因而未来将结合遥感数据与实测数据,以求更精确地测算出研究区域的碳排放能力。

参考文献:

- [1] 郑永超,文琦. 宁夏自治区土地利用变化及碳排放效应[J]. 水土保持研究,2020,27(1):207-212.
ZHENG Yongchao, WEN Qi. Change of land use and the carbon emission effect of Ningxia Autonomous Region[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2020, 27(1): 207-212.

- [2] 李键,毛德华,蒋子良,等. 长株潭城市群土地利用碳排放因素分解及脱钩效应研究[J]. 生态经济, 2019, 35(8):28-34,66.
LI Jian, MAO Dehua, JIANG Ziliang, et al. Research on factors decomposition and decoupling effects of land use carbon emissions in Chang-Zhu-Tan Urban Agglomeration[J]. Ecological Economy, 2019, 35(8): 28-34, 66.
- [3] 马晓哲,王铮. 土地利用变化对区域碳源汇的影响研究进展[J]. 生态学报, 2015, 35(17):5898-5907.
MA Xiaozhe, WANG Zheng. Progress in the study on the impact of land-use change on regional carbon sources and sinks[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(17): 5898-5907.
- [4] VELDKAMP E. Changes in soil carbon stocks following conversion of forest to pasture in the tropics[J]. Soil Processes and Global Change, 2001: 1-19.
- [5] HOUGHTON R A, HACKLER J L. Carbon flux to the atmosphere from land-use changes: 1850 to 1990 [R]. Office of Scientific & Technical Information Technical Reports, 2001.
- [6] SINGH M K, ASTLEY H, SMITH P, et al. Soil CO₂-C flux and carbon storage in the dry tropics: impact of land-use change involving bioenergy crop plantation[J]. Biomass & Bioenergy, 2015, 83: 123-130.
- [7] 文枫,鲁春阳. 重庆市土地利用碳排放效应时空格局分异[J]. 水土保持研究, 2016, 23(4):257-262,268.
WEN Feng, LU Chunyang. Effects of land use on carbon emission and their spatiotemporal difference in Chongqing[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2016, 23(4): 257-262, 268.
- [8] 张贞,高金权,薛雅君. 天津市不同土地利用的碳排放特征及空间格局研究[J]. 资源开发与市场, 2016, 32(4): 437-442.
ZHANG Zhen, GAO Jinquan, XUE Yajun. Study on characteristics and spatial pattern of carbon emission under different land use in Tianjin City[J]. Resource Development & Market, 2016, 32(4): 437-442.
- [9] 黄美玲. 长江经济带土地利用碳排放效应研究[D]. 黄石:湖北师范大学, 2019.
HUANG Meiling. Study on carbon emission effect of land use in Yangtze River economic belt[D]. Huangshi: Hubei Normal University, 2019.
- [10] 汤峰,殷彦玲,张蓬涛,等. 基于土地利用变化的高阳县生态系统服务价值和碳排放风险研究[J]. 水土保持研究, 2019, 26(4):265-271.
TANG Feng, YIN Yanling, ZHANG Pengtao, et al. Research on ecosystem service value and carbon emission risk of Gaoyang County based on land use change [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2019, 26(4): 265-271.
- [11] 白翠媚,梅昀,张苗. 武汉市土地利用变化碳排放及碳足迹分析[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(2):313-317.
BAI Cuimei, MEI Yun, ZHANG Miao. Land use patterns of carbon emissions and carbon footprint of Wuhan City[J]. Hubei Agricultural Science, 2015, 54(2): 313-317.
- [12] 杨坤,胡馨,石越. 基于RS和GIS土地利用变化碳排放现状及预测分析——以拉萨地区为例[J]. 长江科学院院报, 2016, 33(2): 1-6.
YANG Kun, HU Xin, SHI Yue. Present situation and prediction of carbon emission from land use change based on RS and GIS: case study on Lhasa[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2016, 33(2): 1-6.
- [13] 沈薇,翁翎燕,刘柄麟,等. 浙江省土地利用碳排放效应研究[J]. 资源与产业, 2020, 22(1):61-68.
SHEN Wei, WENG Lingyan, LIU Binglin, et al. Carbon emission effect of land use in Zhejiang Province [J]. Resources & Industries, 2020, 22(1): 61-68.
- [14] 游和远,吴次芳,沈萍. 土地利用结构与能源消耗碳排放的关联测度及其特征解释[J]. 中国土地科学, 2010, 24(11):4-9.
YOU Heyuan, WU Cifang, SHEN Ping. Correlation degree measurement and characteristic explanation between land use structure and carbon emission from energy consumption[J]. Chinese Land Science, 2010, 24(11): 4-9.
- [15] 赵志凌,黄贤金,赵荣钦,等. 低碳经济发展战略研究进展[J]. 生态学报, 2010, 30(16):4493-4502.
ZHAO Zhiling, HUANG Xianjin, ZHAO Rongqin, et al. Research progresses in the development strategies of low-carbon economy [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(16): 4493-4502.
- [16] 路漫其,许信旺,汪强. 基于不同土地利用方式的安徽省碳排放效应及时空差异分析[J]. 能源环境保护, 2016, 30(2):10-13,38.
LU Manqi, XU Xinwang, WANG Qiang. Effects of land use patterns on carbon emissions and spatial-temporal difference in Anhui Province[J]. Energy Environmental Protection, 2016, 30(2): 10-13, 38.
- [17] 董捷,员开奇. 湖北省土地利用碳排放总量及其效率[J]. 水土保持通报, 2016, 36(2):337-342,348.
DONG Jie, YUAN Kaiqi. Carbon emission from land use and its efficiency in Hubei Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2016, 36(2): 337-342, 348.
- [18] 曲鲁平,翟腾腾,张全景. 基于灰色理论模型的山东省土地利用碳排放研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2019, 50(2):290-296.
QU Luping, ZHAI Tengting, ZHANG Quanqing. Study on carbon emission from land use in Shandong Province based on grey theory model[J]. Journal of Shandong Agricultural University(Natural Science Edition), 2019, 50(2): 290-296.