

## 空间关联视域下新疆生态绩效评价研究

张燕飞, 郭生鹏, 褚志磐, 刘荣俊, 马爱艳\* (塔里木大学经济与管理学院, 新疆阿拉尔 843300)

**摘要** 为了深入探究新疆各地州生态绩效水平, 根据 2020 年新疆各地州市生态绩效有关数据, 以 PSR 模型为框架, 从生态环境、经济发展、自然资源 3 个层面选取对新疆生态绩效评价的指标, 利用熵值法及综合评价法对新疆 2019 年各地州的生态绩效进行评价分析, 并计算莫兰指数对生态绩效进行空间关联性分析。结果表明: 乌鲁木齐市的生态绩效水平最高, 博尔塔拉蒙古自治州最低, 且综合评分前 3 的地区均在北疆; 新疆各地州的生态绩效水平在空间上呈“低-低”集聚的正相关状况, 且集聚化效应明显。

**关键词** 生态绩效; 空间关联分析; 新疆

中图分类号 S-9 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)10-0231-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.10.053

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Ecological Performance Evaluation in Xinjiang from the Perspective of Spatial Correlation

ZHANG Yan-fei, GUO Sheng-peng, CHU Zhi-pan et al (School of Economics and Management, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300)

**Abstract** In order to understand the ecological performance level of Xinjiang. Based on the data related to the ecological performance of Xinjiang's various states in 2020, this paper uses the PSR model as a framework to select indicators for the evaluation of Xinjiang's ecological performance at three levels: ecological environment, economic development and natural resources, uses the entropy value method and the comprehensive evaluation method to evaluate and analyze the ecological performance of Xinjiang's various states in 2019, and calculates the Moran index to analyze the spatial correlation of ecological performance. The results show that the ecological performance level of Urumqi is the highest and that of Bortala Mongol Autonomous Prefecture is the lowest, and the top three regions in terms of overall rating are all in the north of Xinjiang; the ecological performance levels of all Xinjiang regions show a positive correlation of "low-low" clustering in space, and the clustering effect is obvious.

**Key words** Ecological performance; Spatial correlation analysis; Xinjiang

十八大以来, 以习近平为核心的党中央多次针对生态环境保护提出重要指示, 生态环境治理取得显著成果且深入人心。2021 年是“十四五”规划的开局之年, 也是实现“第二个百年”奋斗目标的首年, 党中央对生态环境保护提出了更全面、更具体的要求。相比较其他省份, 新疆生态系统的类型存在多样性, 存在较多的生态脆弱地区, 因此在生态环境保护与经济可持续发展的事业中更需要关注<sup>[1]</sup>。该研究从环境、经济、资源 3 个角度选取指标进行综合评价<sup>[2]</sup>, 并深入剖析新疆各地州生态绩效的空间关联性。

目前针对生态绩效评估的体系还不够完善。在指标体系上, 部分学者为了全面地衡量某地区的生态绩效, 分多维度构建指标体<sup>[3-4]</sup>; 在评价方法上, BP 神经网络<sup>[5]</sup>、DEA<sup>[6]</sup>、指数计算<sup>[7]</sup>、PSR 模型<sup>[8-9]</sup>等方法都在绩效评价方面得到广泛应用, 再与熵权法、主成分分析法等方法相结合, 对生态绩效做出评价; 在空间分析上, 针对某一地区不同区域的细致化空间分析研究较少, 一般选用莫兰指数对空间关联特征进行分析<sup>[10]</sup>。笔者借鉴前人经验, 研究新疆各地州市的生态绩效评价体系, 以及新疆各地州市生态绩效的空间关联关系。

## 1 数据来源与统计分析

**1.1 指标选取与数据来源** 该研究指标数据来自《新疆统计年鉴 2020》, 用 EXCEL 整理选取的指标数据, 通过熵值法计算权重, 最后计算莫兰指数来评估新疆各地州市生态绩效

的空间关联性。

根据 PSR 模型的含义以及生态绩效评价的主要关联因素, 参考相关文献确立相应的指标体系, 分别判断指标的属性, 具体指标体系见表 1。

表 1 PSR 模型下的指标体系

Table 1 Index system under PSR model

一级指标 First-level indicator	二级指标 Secondary indicators	指标属性 Indicator properties
压力指标 Stress indicator	人均自然增长率(‰)	逆向
	教育普及率(%)	正向
	单位 GDP 用水量(m <sup>3</sup> /万元)	逆向
	化肥施用量(折纯)(t)	逆向
状态指标 Status indicator	人均水资源(m <sup>3</sup> )	正向
	人均卫生机构床位数(万人/床)	正向
	第三产业贡献率(%)	正向
	在岗职工工资总额(万元)	正向
响应指标 Response metrics	城镇登记失业率(%)	逆向
	人工造林面积(hm <sup>2</sup> )	正向
	水土流失治理面积(10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup> )	正向
	水利、环境等固定资产投资(万元)	正向
	工业总资产贡献率(%)	正向

**1.2 分地区描述性统计** 新疆维吾尔自治区可以按照地区分布划分为南疆地区和北疆地区。各指标分地区进行描述性统计结果见表 2。

因指标间有属性差异, 该研究用极值法对数据进行标准化处理, 通过分地区描述性统计可以看出, 各项指标的最大值和最小值都在北疆地区, 但北疆的平均值大于南疆。从整体来看, 北疆地区好于南疆。南疆的单位 GDP 用水量指标

**作者简介** 张燕飞(1997—), 女, 新疆阿勒泰人, 硕士研究生, 研究方向: 农业管理。\* 通信作者, 教授, 硕士生导师, 从事林业经济管理研究。

**收稿日期** 2021-08-19

比较薄弱,标准化后的最大值仅 0.06,其中乌鲁木齐市的单位 GDP 用水量最大,和田地区的最小。南疆地区的人工造林面积指标最好,平均值、最大值和最小值都大于北疆地区。

表 2 各指标分地区描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of each indicator by region

序号 No.	指标 Indicator	北疆 Northern Xinjiang			南疆 Southern Xinjiang		
		Avg	Max	Min	Avg	Max	Min
1	人均自然增长率(‰)	0.35	1.00	0.11	0.13	0.22	0.06
2	教育普及率(%)	0.60	1.00	0.42	0.70	0.77	0.66
3	单位 GDP 用水量(m <sup>3</sup> /万元)	0.23	1.00	0.02	0.04	0.06	0.02
4	化肥施用量(折纯)(t)	0.30	1.00	0.04	0.12	0.39	0.02
5	人均水资源(m <sup>3</sup> )	0.24	1.00	0.01	0.26	0.48	0.08
6	人均卫生机构床位数(万人/床)	0.48	1.00	0.36	0.45	0.54	0.39
7	第三产业贡献率(%)	0.61	1.00	0.39	0.64	0.87	0.44
8	在岗职工工资总额(万元)	0.26	1.00	0.07	0.19	0.27	0.08
9	城镇登记失业率(%)	0.27	1.00	0.12	0.22	0.31	0.16
10	人工造林面积(hm <sup>2</sup> )	0.18	0.91	0.02	0.49	1.00	0.10
11	水土流失治理面积(10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup> )	0.35	1.00	0.05	0.41	0.66	0.18
12	水利、环境等固定资产投资(万元)	0.32	1.00	0.03	0.22	0.41	0.05
13	工业总资产贡献率(%)	0.49	1.00	0.24	0.68	0.93	0.42
平均值 Mean		0.36	0.99	0.14	0.35	0.53	0.21

## 2 新疆各地州市生态绩效评价

2.1 权重的计算 为计算出指标的权重,需将标准化后的数据

据进行同度量化处理,公式为  $P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}}$  ( $i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$ ),进而求得各指标的信息熵值、变异性系数以及权重。主要计算公式如下:

(1) 信息熵的计算:  $e_j = -k \times \sum_{i=1}^n p_{ij} \log(P_{ij})$ ,  $e_j \geq 0$ 。

(2) 差异系数的计算:  $g_j = 1 - e_j$ , 其中  $g_j$  越大指标越重要。

(3) 权重的计算:  $w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j}$  ( $j=1,2,3,\dots,m$ )。

综上所述,运用各项指标数据计算所得熵值、变异性系数以及权重的结果见表 3。

表 3 新疆生态绩效指标的差异性结果、熵值、权重

Table 3 Difference results, entropy value and weight of Xinjiang ecological performance indicators

一级指标 First-level indicator	二级指标 Secondary indicators	熵值 Entropy value	差异性系数 Coefficient of variance	权重 Weight
压力指标 Stress indicator	人均自然增长率(‰)	0.805 1	0.194 9	0.093 0
	教育普及率(%)	0.942 6	0.057 4	0.027 4
	单位 GDP 用水量(m <sup>3</sup> /万元)	0.665 9	0.334 1	0.159 5
	化肥施用量(折纯)(t)	0.764 3	0.235 7	0.112 5
	人均水资源(m <sup>2</sup> )	0.793 4	0.206 6	0.098 6
状态指标 Status indicator	人均卫生机构床位数(万人/床)	0.935 9	0.064 1	0.030 6
	第三产业贡献率(%)	0.938 3	0.061 7	0.029 5
	在岗职工工资总额(万元)	0.837 2	0.162 8	0.077 7
	城镇登记失业率(%)	0.861 8	0.138 2	0.066 0
响应指标 Response metrics	人工造林面积(hm <sup>2</sup> )	0.747 7	0.252 3	0.120 4
	水土流失治理面积(10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup> )	0.880 0	0.120 0	0.057 3
	水利、环境等固定资产投资(万元)	0.818 6	0.181 4	0.086 6
	工业总资产贡献率(%)	0.914 8	0.085 2	0.040 7

2.2 新疆各地州市生态绩效综合得分的计算 根据计算出的指标权重,对新疆各地州市的 13 项生态绩效指标进行综合评分,公式为:

$$S_i = \sum_{j=1}^m w_j \times P_{ij} (i=1,2,3,\dots,n)$$

其中,  $S_i$  指生态绩效综合得分;  $w_j$  指第  $j$  项指标的权重;  $P_{ij}$  为  $i$  年份下  $j$  指标的标准化值,计算得出的结果见表 4。

从表 4 可以看出,乌鲁木齐市的生态绩效综合指数最大,综合绩效指数得分中排名前三的地区均在北疆地区,说

明北疆地区的生态绩效较好,可能是北疆地区邻近内地,经济和生态环境发展较南疆更好。而与乌鲁木齐邻近的吐鲁番市和博尔塔拉蒙古自治州的绩效排名却靠后,说明乌鲁木齐对其周边城市良好的带动作用发挥得不明显。北疆地区的部分地区排名靠后,政府应提高对排名靠后地区的重视程度,加大对其的政策扶持和环境监管力度,促使生态绩效较高的地区帮助和扶持较低的地区,促进南疆与北疆的协调发展。南疆地区虽然较为偏远,经济发展也较为落后,可是南疆地区的综合生态绩效指数的排名却居于中间,说明南疆的

生态绩效良好。

表 4 新疆各地州市生态绩效综合得分

Table 4 Comprehensive scores of ecological performance of cities and prefectures in Xinjiang

排序 Sort	评价指标 Evaluation indicators	综合得分 Overall ratings
1	乌鲁木齐市	0.175 2
2	昌吉回族自治州	0.105 1
3	克拉玛依市	0.095 3
4	阿克苏地区	0.070 8
5	阿勒泰地区	0.068 9
6	喀什地区	0.063 8
7	巴音郭楞蒙古自治州	0.060 2
8	塔城地区	0.059 2
9	克孜勒苏柯尔克孜自治州	0.054 7
10	伊犁州直属县(市)	0.054 6
11	哈密市	0.050 7
12	和田地区	0.049 9
13	吐鲁番市	0.049 3
14	博尔塔拉蒙古自治州	0.042 2

2.3 新疆各地州市的 GDP 与综合得分情况 将新疆各地

州市的 GDP 与各地区的生态绩效综合得分进行对比(图 1),可以看出乌鲁木齐市、昌吉州的 GDP 排名靠前,和田、克州的 GDP 排名靠后。说明北疆的整体经济水平高于南疆,个别地区间相差较大。GDP 和生态绩效综合得分差别最大的城市为克孜勒苏柯尔克孜自治州,其次为阿勒泰地区。克州的 GDP 最小,但生态绩效综合得分居于排名的中间部分,说明克孜勒苏柯尔克孜自治州比较注重生态文明建设,但在生态文明建设方面的工作依然不能掉以轻心,同时增强当地的经济的发展,在条件允许的情况下,可以向其他发展情况较好的地区吸取经验,争取提高当地的发展水平。乌鲁木齐市的 GDP 和生态绩效综合得分都比较高,说明乌鲁木齐市的经济发展和生态文明建设工作都比较好,可以向较差的地区提供帮助,争取新疆早日实现全面发展。生态绩效综合得分最差的是博尔塔拉蒙古自治州,因此要加强该地区的生态监控,制定良好的、有针对性的生态环境保护制度,在今后的经济发展和生态文明建设中要提高对博尔塔拉蒙古自治州、克孜勒苏柯尔克孜自治州等地的关注度,加强帮助与扶持工作。

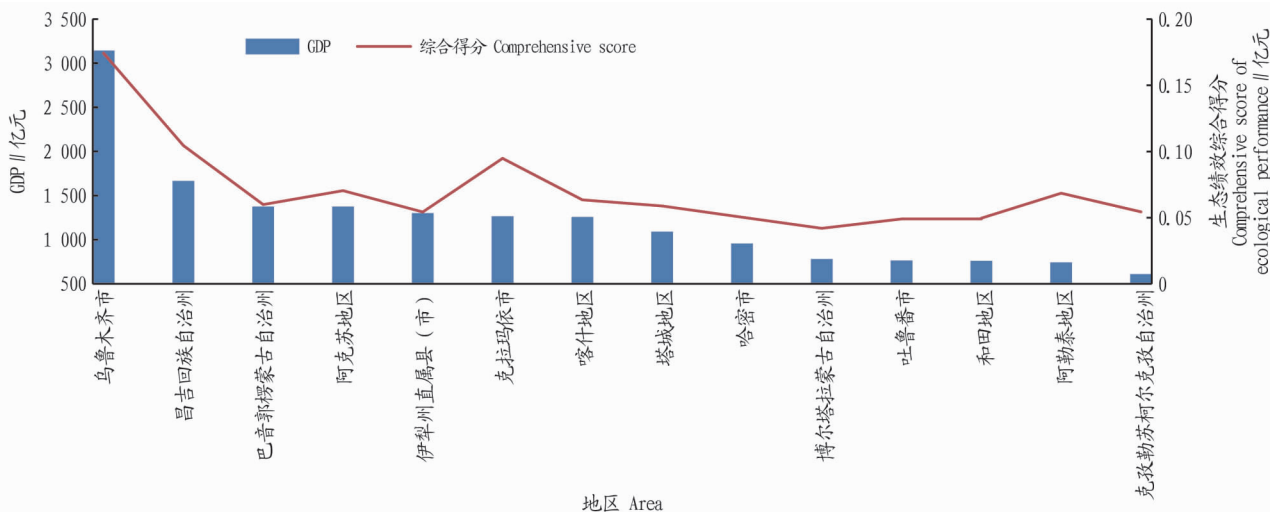


图 1 2018 年新疆各地州市的 GDP 与综合得分情况

Fig.1 GDP and comprehensive scores of cities and prefectures in Xinjiang in 2018

3 新疆各地州市生态绩效的空间关联性分析

3.1 全局 Moran 指数的计算 计算公式为:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}}$$

式中,  $n$  指观测值个数;  $x_i, x_j$  是  $i$  和  $j$  的空间位置;  $w_{ij}$  表示在空间位置关系的分布情况。  $i$  与  $j$  相邻时,  $w_{ij} = 1$ ; 不相邻时,  $w_{ij} = 0$ 。

3.2 局部 Moran 指数的计算 计算公式为:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot (x_j - \bar{x})}{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2 / n}$$

式中,  $n$  为观测值个数;  $x_i, x_j$  是  $i$  和  $j$  的空间位置;  $w_{ij}$  表示在空间位置关系的情况。  $i$  与  $j$  相邻时,  $w_{ij} = 1$ ;  $i$  与  $j$  不相邻时,  $w_{ij} = 0$ 。

3.3 空间相关性分析 该研究将计算出的综合得分的数据代入上述公式中,并以各地区综合得分的标准化后的值作为横坐标,综合得分的标准化空间滞后值作为纵向坐标,画出

散点图以及回归线,见图 2。

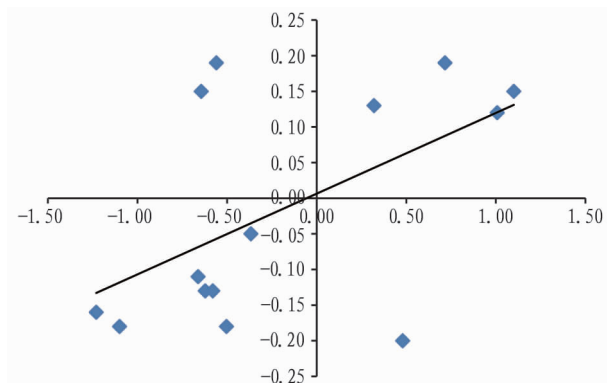


图 2 新疆各地州市生态绩效综合得分的 Moran 散点图

Fig.2 Moran scatter plot of comprehensive scores of ecological performance of cities and prefectures in Xinjiang

莫兰指数为 0.143 6,说明新疆各地州市各项指标的综合

得分在空间分布上呈正相关,存在相互促进作用,但数值较小,说明地区间的促进作用不是很明显。由散点图可看出,各点主要分布在第一、三象限,说明其生态绩效集聚的现象比较明显。大部分的点落在第三象限,整体上呈现“低低”集聚的正相关状况。新疆各地区的生态绩效局部聚集化效应明显,尤其是生态系统的高值区域和低值区域集聚特征较为显著,落后的地区两极分化,经济发展相对落后的地区其生态绩效也相对低下。较少的点分布在第一象限,说明有些地区的生态绩效和周边的生态绩效都比较好,如乌鲁木齐市、昌吉回族自治州还有克拉玛依市等相邻的地区生态绩效较好。克拉玛依与其周边塔城地区呈现了“高-低”集聚的状况,说明克拉玛依的生态绩效明显高于塔城地区。吐鲁番市和哈密市则出现了“低-低”集聚的空间联系,说明吐鲁番市与哈密市均为生态绩效较低的城市。和田地区周围的地区的生态绩效均高于和田地区,呈现“高-低”集聚的空间联系,存在负的溢出效用,说明和田地区的生态绩效与周围地区的生态绩效差异较大。

## 4 结论和建议

**4.1 研究结论** 2019年生态绩效较高的3个地区分别是乌鲁木齐市、克拉玛依市和昌吉州。北疆地区离内地较近,地理位置比较优越,并且乌鲁木齐市作为首府,经济发展比较快速。生态绩效较高说明这些地区不仅重视经济发展,也更加重视生态文明建设和环境保护。但是北疆部分地区生态绩效偏低,吐鲁番市被乌鲁木齐市以及昌吉回族自治州等综合生态绩效指数较高的地区包围,但吐鲁番市自身的生态绩效却较低。所以政府应将提高生态绩效较低地区的综合生态绩效作为工作重心,结合当地的特点和劣势,找到提升生态绩效指数的有效方法,提高当地整体的生态绩效指数,在保证生态环境的基础上大力发展经济。南疆地区的综合生态绩效指数排名较为分散,但是从综合绩效得分排序来看,阿克苏地区、喀什地区以及巴音郭楞蒙古自治州等3个地区的排名处于中上水平,但和田地区的排名靠后,和田地区应找准自身原因,向周边资源环境绩效较高的地区学习生态环境治理模式,再结合当地生态系统的特殊性制定合适的制度,加强生态环境治理和监管。

## 4.2 政策建议

**4.2.1 新疆生态绩效方面。**从指标体系的差异性系数和指标所占的权重来看,单位GDP用水量、化肥的施用量以及人工造林面积的系数和权重位于前3名,并且他们的差异性的系数也较大,差异性的系数越大说明这个指标越重要。所以可以从这三方面考虑,合理地安排用水,减少不必要的污染用水;减少化肥施用量,优化土壤质量;新疆的自然生态环境较为脆弱,南疆更是拥有位于世界第二大流动天然沙漠塔克拉玛干沙漠,应持续加大人工造林力度,提高绿地覆盖率,切实提高新疆的生态绩效水平。

**4.2.2 空间关联方面。**首先生态绩效较高的地区如乌鲁木齐市应该加强对周边地区的带动作用,逐步提升新疆的整体生态绩效。其次政府应重视生态绩效较低的地区,做好对生态文明建设的监管和监督,寻求符合不同地区的特色生态文明发展模式,做到南北疆协调发展,共同发展。不同地区应结合不同的地理环境特征,充分利用风能、太阳能、潮汐能等清洁能源,完善现代化能源体系的推进工程。另外,要根据各地区实际情况制定不同的生态环境协调发展战略和区域经济协调发展战略,在切实保证新疆生态环境建设的基础上大力发展本地区集体经济,进一步做到地区生态环境和新疆经济协调的整体发展。

## 参考文献

- [1] 王喜莎,李金叶.新疆生态文明建设评价问题研究[J].贵州民族研究,2021,42(3):73-79.
- [2] 李伟,杜伟,王帅强.“一带一路”部分国家生态绩效评估[J].会计之友,2019(2):137-142.
- [3] 施生旭,郑逸芳.福建省生态文明建设构建路径与评价体系研究[J].福建论坛(人文社会科学版),2014(8):157-163.
- [4] 刘杨东涵.山东省自然资源生态绩效评价研究[D].烟台:山东工商学院,2018.
- [5] 鲁胜哈,朱成立,周建新,等.生态景观视角下土地整治的生态效益评价[J].水土保持研究,2020,27(5):311-317.
- [6] 宋晓雅.基于数据包络分析法的哈尔滨城市生态绩效评价研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.
- [7] 梁星,刘杨东涵.基于空间关联分析的自然资源生态绩效评价:以山东省为例[J].会计之友,2017(18):30-34.
- [8] 谢亦欣,袁奕帅,邹怡,等.基于PSR模型-熵权法的土地生态安全评价:以上海市为例[J].北京印刷学院学报,2019,27(8):94-98.
- [9] 周江文,程朋根,张品超,等.基于PSR模型的南昌市生态环境变化分析[J].江西科学,2019,37(5):677-684,688.
- [10] 陈长清,艾克热木·阿布拉.基于Moran's I指数的新疆地区用水效率的空间关联分析[J].现代商业,2019(15):172-173.
- [11] 王喜莎,李金叶.新疆生态文明建设评价问题研究[J].贵州民族研究,2021,42(3):73-79.
- [12] 李伟,杜伟,王帅强.“一带一路”部分国家生态绩效评估[J].会计之友,2019(2):137-142.
- [13] 施生旭,郑逸芳.福建省生态文明建设构建路径与评价体系研究[J].福建论坛(人文社会科学版),2014(8):157-163.
- [14] 刘杨东涵.山东省自然资源生态绩效评价研究[D].烟台:山东工商学院,2018.
- [15] 鲁胜哈,朱成立,周建新,等.生态景观视角下土地整治的生态效益评价[J].水土保持研究,2020,27(5):311-317.
- [16] 宋晓雅.基于数据包络分析法的哈尔滨城市生态绩效评价研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.
- [17] 梁星,刘杨东涵.基于空间关联分析的自然资源生态绩效评价:以山东省为例[J].会计之友,2017(18):30-34.
- [18] 谢亦欣,袁奕帅,邹怡,等.基于PSR模型-熵权法的土地生态安全评价:以上海市为例[J].北京印刷学院学报,2019,27(8):94-98.
- [19] 周江文,程朋根,张品超,等.基于PSR模型的南昌市生态环境变化分析[J].江西科学,2019,37(5):677-684,688.
- [20] 陈长清,艾克热木·阿布拉.基于Moran's I指数的新疆地区用水效率的空间关联分析[J].现代商业,2019(15):172-173.

(上接第230页)

- [3] 房铁鑫.农村社区多元化养老服务体系构建研究[D].石家庄:河北经贸大学,2016.
- [4] 王斐林,崔文涛.贸易金融区块链平台的法治保障[J].北方金融,2021(8):8-16.
- [5] 于长永.农民养老风险、策略与期望的代际差异[J].农业经济问题,2015,36(3):24-32,110.
- [6] 郑沃林.身份认同对农民互助养老意愿的影响及其异质性分析[J].华中科技大学学报(社会科学版),2021,35(5):58-68.
- [7] 方珂.互助与津贴:中国农村养老问题的特殊性及其对策研究:基于CLASS(2014)的分析[J].社会保障研究,2018(1):29-35.
- [8] 赵宁.社会资本视角下农村多元化养老模式研究[J].社会保障研究,2018(2):30-35.
- [9] 孙雨璋.基于治理角度下农村养老服务模式路径探究:以安徽省为例[J].安徽农业科学,2020,48(6):249-251,255.
- [10] 李雷,张文斌.失地农民养老保障困境及对策研究[J].农业经济,2020(8):76-78.
- [11] 刘向东.梯度养老:渐进城市化中的农民养老模式及农地角色分析——一项基于嵌入理论视角的田野研究[J].农业经济问题,2021,42(1):82-94.
- [12] 李俏,刘亚琪.农村互助养老的历史演进、实践模式与发展走向[J].西北农林科技大学学报(社会科学版),2018,18(5):72-78.
- [13] 张川川,陈斌开.“社会养老”能否替代“家庭养老”?——来自中国新型农村社会养老保险的证据[J].经济研究,2014,49(11):102-115.
- [14] 蔡少伦.国外农村养老保险模式比较及对我国的启示[J].价格理论与实践,2021(4):75-78.
- [15] 张永祎.中国农村社会养老保险制度可持续发展研究:以江苏省为例[D].武汉:武汉大学,2018.