引文格式：张静怡,刘东海,李锴,等. 陕西省县域农业生产总值与垦殖率的时空统计分析[J]. 地理空间信息, 2025, 23(7): 91-95. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2025.07.018

陕西省县域农业生产总值与垦殖率的时空统计分析

张静怡[1]，刘东海[1]，李　锴[2]，卢宾宾[1]，桂志鹏[1]，喻雪松[1]，蒲媛雪[1]，秦　昆[1*]
（1. 武汉大学 遥感信息工程学院，湖北 武汉 430079；2. 武汉大学 经济与管理学院，湖北 武汉 430072）

摘　要：以陕西省107个县域为研究对象，以2000—2022年农业生产总值（含农林牧渔业）和垦殖率数据为基础，利用空间自相关分析、标准差椭圆和相关系数法分析了陕西省县域农业发展的空间格局，并探索了其时序变化规律。研究表明：①陕西省县域农业经济呈现一定程度的空间聚集性，低—低聚集型县域集中于陕北且范围逐渐缩小，说明农业经济落后的区县逐步减少；②县域垦殖率呈现“一高两低”的空间分布格局；③县域农业经济重心由南向北曲折迁移；④县域农业生产总值与垦殖率呈正相关，但也存在一些离群区县，如相对高产的城固县、礼泉县等，相对低产的潼关县等。探索了多种空间统计分析方法在农业经济分析中的应用，可为陕西省农业经济的可持续发展提供参考。

关键词：陕西省；县域；农业生产总值；垦殖率；时空统计
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）07-0091-05

Spatio-temporal Statistical Analysis of Agricultural Gross Production Value and Cultivation Rate in Counties of Shaanxi Province

ZHANG Jingyi[1], LIU Donghai[1], LI Kai[2], LU Binbin[1], GUI Zhipeng[1], YU Xuesong[1], PU Yuanxue[1], QIN Kun[1]
(1. School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China;
2. School of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: We focused on 107 counties in Shaanxi Province, and analyzed the spatial patterns and temporal changes in agricultural development using data of agricultural gross production value (including agriculture, forestry, animal husbandry, and fishery) and cultivation rates from 2000 to 2022. Then, we used spatial autocorrelation analysis, standard deviation ellipse and correlation coefficient to conduct the analysis. The research findings show that ①the county-level agricultural economy in Shaanxi Province shows a certain degree of spatial agglomeration. The low-low clustering counties are concentrated in northern Shaanxi, and gradually shrink over time until disappearance, indicating a reduction in economically disadvantaged agricultural areas. ②The cultivation rates in Shaanxi Province's counties present a distribution pattern of “one high, two low”. ③The gravity center of county-level agricultural economy has shifted in a meandering path from south to north. ④There is a positive correlation between the agricultural gross production value and cultivation rate, while some outlier counties, such as Chenggu County and Liquan County, exhibit relatively high output characteristics, and Tongguan County shows relatively low output characteristics. In this study, we explored the application of various spatial statistical analysis methods in agricultural economics, which could provide references for the sustainable development of agriculture economics in Shaanxi Province.

Key words: Shaanxi Province, county-level, agricultural gross production value, cultivation rate, spatio-temporal statistic

区域农业经济差异是我国农业经济快速增长背景下较突出的问题[1]，差异过大将阻碍社会的协调发展，降低可持续性。区域农业经济与垦殖率密切相关，综合分析区域垦殖率与农业生产总值的空间格局，可以全面掌握区域农业基础条件与农业经济发展水平，对制定科学合理的区域农业发展规划、优化资源配置、实现农业经济的均衡与可持续发展具有重要意义。

区域经济差异研究经历了范围拓广、方法创新和尺度细化的过程。研究者利用基尼系数[2-3]、核密度估计[2]、标准差椭圆[4]、探索性时空分析[4-9]等方法分析了区域经济差异，并对省域[3]、市域[2,7-8,10]、县域[4-5,9,11]进行多尺度研究；但现有研究对陕西省县域的关注不足。陕西省是我国西北地区的农业大省之一，因其复杂的自然地理条件和多样化的微气候，形成了关中、陕北、陕南三大农业基础条件各异的区域。陕西省下

项目来源：国家自然科学基金资助项目（42171448）；中央高校基本科研业务费专项资金资助项目（2042024kf0005）；国家社科重大资助项目（21&ZD332）。
第一作者简介：张静怡（2003—），主要研究方向为空间数据分析、遥感经济学，E-mail：zhang_jy@whu.edu.cn。
通信作者：秦昆（1972—），博士，教授，主要研究方向为空间数据分析、遥感经济学，E-mail：qink@whu.edu.cn。

辖107个区县，区县间农业基础条件不同，农业经济发展水平各异。为全面掌握陕西省农业的动态发展格局，本文以陕西省107个区县为研究单元，以农业生产总值和垦殖率为关键指标，借助GeoDa、ArcGIS等空间分析工具，综合利用全局和局部空间自相关分析、标准差椭圆、Spearman相关系数等方法深入剖析了2000—2022年陕西省县域农业经济的时空演化特征，以期为陕西省区域农业经济的协调发展提供参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

陕西省下辖西安、铜川、宝鸡、咸阳、渭南、延安、汉中、榆林、安康、商洛10个地级市，共计107个县级行政单元。按照地貌特征，陕西省可分为陕北、关中、陕南3大自然区，关中地区以平原为主，属暖温带，是丝绸之路陕西段的核心地带，便捷的交通和庞大的消费市场为农业经济提供了得天独厚的条件；陕北地区以黄土高原为主，大部属暖温带，交通条件稍逊于关中，但随着交通设施的不断完善（如榆林至西安动车组的开通），农业发展潜力将进一步释放；陕南地区位于秦巴山区，属北亚热带，位于陕西省边缘，受西安经济圈辐射较小，区位条件滞后成为制约陕南农业经济发展的重要因素[12]。地形、气候与区位的不同组合，为陕西省提供了多样化的农业发展条件，导致陕西省县域农业基础存在不同程度的差异。

1.2 数据来源与预处理

为评估县域农业发展差异，本文选取农业生产总值和垦殖率作为测度指标，垦殖率为一定区域内耕地面积占土地总面积的比例。本文收集的陕西省107个区县的农业生产总值、常用耕地面积、区划面积来源于2000—2023年《中国县域统计年鉴》、陕西省各市统计年鉴和陕西省各区县国民经济和社会发展统计公报。地理底图来源于自然资源部标准地图服务系统。针对数据存在部分缺失的情况，如陕西省所有区县缺少2020—2022年常用耕地面积数据，渭城区缺少2021年、2022年的农业生产总值数据和2017年、2018年的常用耕地面积数据，富平县缺少2010年农业生产总值数据，本文统一采用线性插值结果填补。

2 研究方法

1）全局空间自相关。全局空间自相关可反映研究区内的总体空间相关性，计算公式为：

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

式中，W_{ij} 为县域 i、j 的位置关系；x_i 为考察变量；$\bar{x}$ 为所有考察变量的均值；n 为研究区总数；Moran's I越接近于1，则县域农业经济的空间正相关性越显著，越接近于−1，则空间负相关性越显著，值为0表示无空间相关性。

2）局部空间自相关。局部空间自相关[13]可揭示某一研究单元与相邻单元的空间关联模式，计算公式为：

$$\text{Local Moran's I}_i=\frac{Z_i}{S^2}\sum_{j\neq i}^{n}W_{ij}Z_j$$

式中，$S^2=\frac{1}{n}\sum(x_i-\bar{x})^2$；$Z_i$、$Z_j$ 分别为县域 i、j 的考察变量与均值的偏离程度，即 $Z_i=x_i-\bar{x}$、$Z_j=x_j-\bar{x}$。

3）标准差椭圆。标准差椭圆的中心、轴长和方位角可衡量地理要素空间分布的整体特征，本文用以分析陕西省县域农业经济的方向分布与经济重心，计算公式为：

$$\text{SDE}_x=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_iA_i}{A_i},\quad \text{SDE}_y=\frac{\sum_{i=1}^{n}y_iA_i}{A_i}$$

$$\sigma_x=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[A_i\Delta X_i\cos\theta-A_i\Delta Y_i\sin\theta]^2}{n}}$$

$$\sigma_y=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[A_i\Delta X_i\sin\theta-A_i\Delta Y_i\cos\theta]^2}{n}}$$

式中，$(\text{SDE}_x, \text{SDE}_y)$ 为椭圆重心坐标；x_i、y_i 为县域 i 的中心坐标；A_i 为县域 i 的农业生产总值；σ_x、σ_y 为椭圆长、短轴的轴长；ΔX_i、ΔY_i 为 (x_i, y_i) 与 $(\text{SDE}_x, \text{SDE}_y)$ 的偏差。

4）Spearman相关系数。Spearman相关系数通过排序位次来度量变量间的相关性，对异常值不敏感，如部分低垦殖高产值和高垦殖低产值区县。因此，本文通过Spearman相关系数来判断陕西省县域农业生产总值与垦殖率的相关性，计算公式为：

$$SC=1-\frac{6\sum d_i^2}{n\left(n^2-1\right)}$$

式中，d_i 为第 i 对数据的位次值之差。

3 空间统计与时序分析

3.1 县域农业经济空间格局特征

对农业生产总值进行全局空间自相关分析，结果

表明，2000—2022年指标始终为正值，且全部通过显著性检验（P <0.001），说明陕西省县域农业经济存在一定的空间聚集性；2000年以来，Moran's I在0.208~0.313之间波动；2017年Moran's I由0.281突降至0.235，是研究期内下降最快的一年，该变化与2017年“西咸划转”密切相关。由于行政区划调整，泾阳县经济总量明显缩小，农业经济指标负增长，原本属于高—高聚集型的泾阳县、礼泉县在2017年后退出，从一定程度上导致了全省指标值的下降。

为挖掘更细尺度的县域农业经济差异，本文选取2000年、2005年、2010年、2015年、2020年、2022年6个时间节点，借助GeoDa软件计算Local Moran's I并生成LISA聚集图（全部通过 P <0.05的显著性检验），并将县域农业经济水平相似度的聚集情况分为高—高聚集、高—低聚集、低—高聚集、低—低聚集和不显著5类。由图1可知，2000—2022年陕西省县域农业经济空间格局呈“稳中有变”的态势，关中地区体现“稳”的态势，高—高聚集区相对稳定；陕北地区体现“变”的态势，低—低聚集区逐年缩小直至消失，说明该地区农业经济逐步崛起和均衡性得到改善[14]。

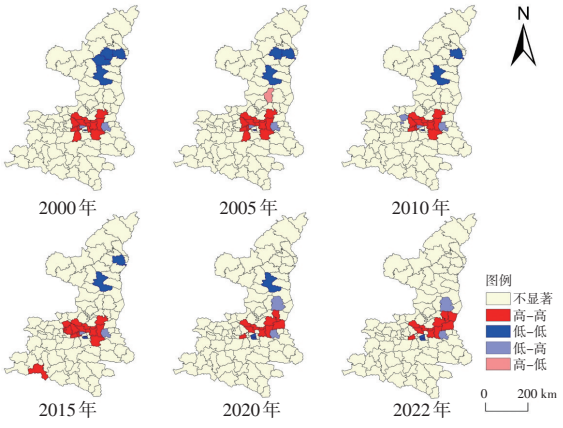


图1　2000—2022年陕西省县域农业生产总值LISA聚集图

审图号：GS(2024)0650

3.2　县域垦殖率空间格局特征

为分析陕西省县域垦殖率的总体空间格局，对2000—2019年各区县垦殖率进行全局空间自相关分析，结果表明，指标值几乎均在0.6以上，且全部通过显著性检验（P <0.001），说明陕西省县域垦殖率呈显著的空间聚集趋势；2000年以来，Moran's I总体保持稳定，存在微弱的下降趋势，这是由于城镇化进程的加速挤压了农业用地，使得农业用地分布趋于碎片化，进而加剧了垦殖率Moran's I的下降，但垦殖率仍呈现显著的聚集现象，表明自然地理条件是决定陕西省耕地分布的首要因素。

为进一步细化这种空间差异，本文分析了2000年、2005年、2010年、2015年和2019年的LISA聚集图和聚集情况（全部通过 P <0.05的显著性检验）。由图2可知，陕西省县域垦殖率存在稳定且显著的区域分异特征，即关中强、南北弱；具体而言，关中平原的区县是高值聚集区，以宝塔区为中心的陕北地区和以镇安县等为代表的陕南地区则是低值聚集区[15]，体现了陕西省农业基础条件“一高两低”的分布格局。

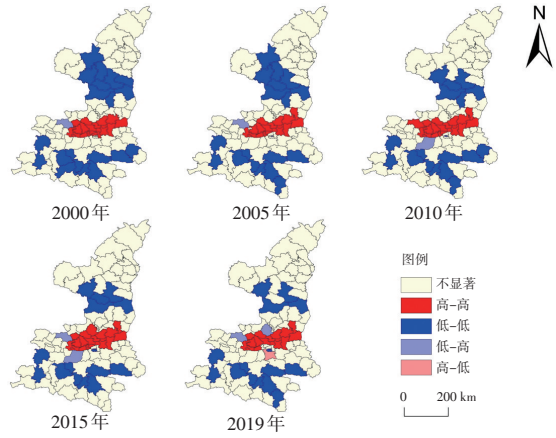


图2　2000—2019年陕西省县域垦殖率LISA聚集图

审图号：GS(2024)0650

3.3　县域农业经济重心的演化

本文利用ArcGIS的标准差椭圆模型，深入分析了陕西省县域农业经济发展重心的空间演化过程，以解释县域农业经济的发展方向与分布规律[16]。通过计算得到各年份陕西省县域农业生产总值标准差椭圆的重心坐标、长短半轴长度和面积，并据此得出重心移动的方向与距离，结果见图3，左侧为演化过程的可视化结果，右侧为农业经济重心变化轨迹与标准差椭圆的放大示意图。

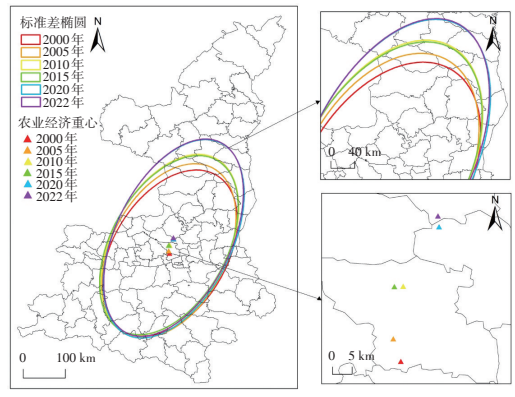


图3　陕西省县域农业经济重心与标准差椭圆演化图

审图号：GS(2024)0650

农业经济重心移动趋势总体向北，2015—2020年陕西省农业经济重心向东北方向移动了17.8 km，移

动速率明显加快，说明陕西省东北地区在该时期农业经济发展速度加快[14]，进而拉动了农业经济重心向东北方向的迁移[17]。通过调查发现，该时期澄城县、大荔县的农业生产总值显著提升，渭南与咸阳的农业经济差异逐渐缩小。截至2022年，陕西省农业经济重心落入耀州区，形成了从泾阳县向东北方向迁移的清晰轨迹。从轴长变化来看，长轴轴长基本呈递增趋势，短轴轴长小幅波动但总体稳定，标准差椭圆的覆盖面积逐年扩大，表明陕西省县域农业经济高值在空间上逐步扩张；长短轴长度差异显著，扁率保持在0.5左右，说明其空间分布具有明显的方向性。总体来看，陕西省县域农业生产总值的标准差椭圆相对稳定，主要覆盖了关中区域、陕北南部和陕南北部，这些地区正是陕西省县域农业经济发展水平较高的核心地带。

3.4 县域农业生产总值与垦殖率的相关性

为探索县域农业发展差异，本文选择2000年、2005年、2010年、2015年、2019年5个时间节点，利用*SC*对陕西省各区县的农业生产总值和垦殖率进行相关性分析，结果表明各年份的相关系数依次为0.517、0.522、0.544、0.588、0.573，均通过$P<0.001$的显著性检验，二者呈正相关。为进一步探索二者的相关机制，本文绘制了上述时间切片垦殖率和农业生产总值的散点图（图4）。对107个区县的垦殖率和农业生产总值进行线性回归分析，并计算各点残差以及残差数据的标准差，将残差大于两倍标准差的点视为离群点。与该垦殖率下的农业经济平均水平进行比较，农业生产总值较高的为“相对高产”区县（图4中红色点）、较低的为“相对低产”区县（图4中蓝色点）。结果表明，县域农业经济受多种因素影响[18]，垦殖率与农业生产总值之间的复杂关系可反映县域农业经济的现状与发展方向。

第一类离群区县在有限的耕地资源下实现了较高的农业生产总值（“相对高产”），如城固县、礼泉县等，这意味着当地农业的发展模式和产业结构有助于提升耕地利用效率[19]，可为省内乃至全国其他区县提供农业可持续发展的经验。城固县作为陕西省汉中市的农业重镇，位于秦岭南麓、依傍一江四河，具有适宜农业发展的优越气候基础。近年来，城固县建设农业全产业链数字化平台，推进品牌强农战略，打造“城固蜂蜜”、“城固羊肚菌”等特色农产品品牌；通过科技创新与品牌建设的双轮驱动，在“十三五”期间农业生产总值年均增长4.2%。礼泉县是陕西省咸阳市的果业强县，通过与西北农林科技大学合作，引进优良水果品种、延长供应周期，是科研助农、科技兴农的典范；还打造“旅游+农业”的发展模式，增加农产品附加值。

第二类离群区县在现有垦殖率下农业生产总值较低（“相对低产”），如潼关县、吴堡县等。这类区县可能面临种植结构单一、农业科技水平较低等问题，可基于实地调查提供有针对性的措施，促进农业经济发展。米脂县是典型的黄土高原丘陵沟壑区，农业基础条件薄弱，2000年、2005年属于“相对低产”

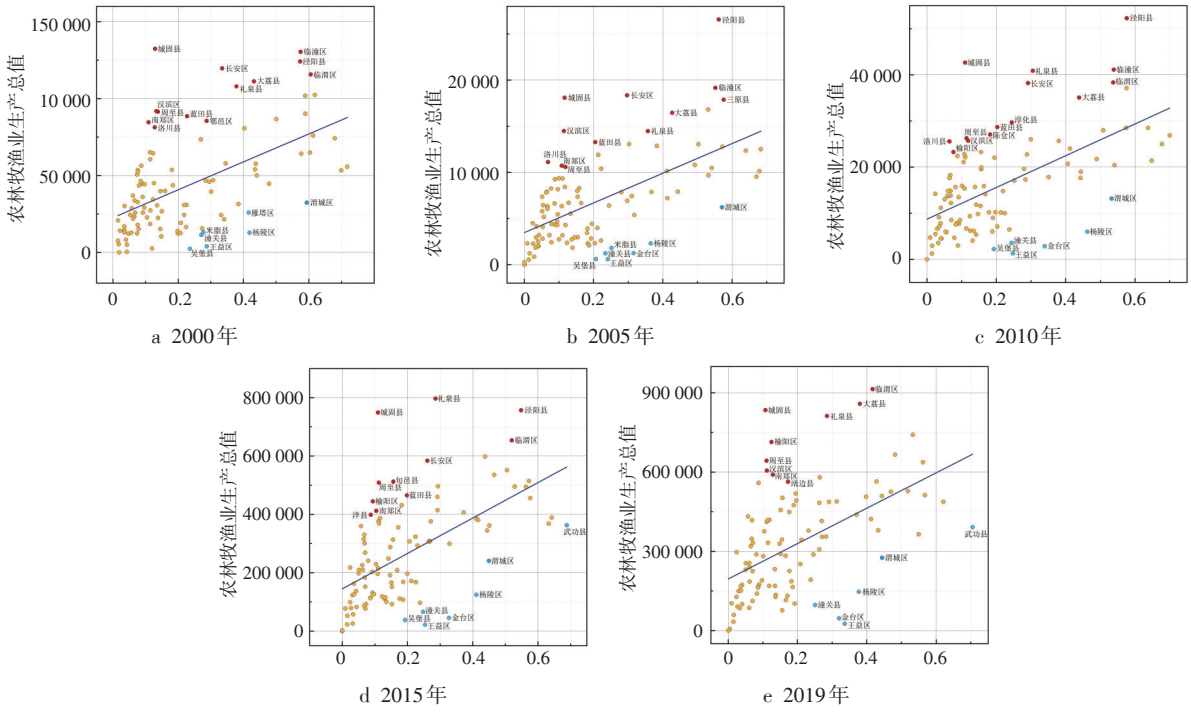


图4 2000—2019年陕西省县域散点图

的离群县；而“十二五”以来，通过稳步推进农业现代化，畅通村级公路、实施滴灌系统、引入电商助销模式、引进高产抗旱品种等措施，2010年、2015年、2019年的农业生产总值相对提升，成功实现从离群到归群的转变。

4 结 语

空间分析方法可为地区农业经济发展可视化赋能。本文综合利用空间自相关分析、标准差椭圆和相关系数法等分析了陕西省县域农业发展的空间格局，主要结论包括：

1）陕西省县域农业经济空间格局呈现聚集现象，即关中发展领先、南北相对落后，但区县间的农业经济差异逐渐减小，说明2000年以来陕西省县域农业发展的均衡性逐渐改善。

2）陕西省县域垦殖率呈“一高两低”的空间格局，高—高聚集县域集中于关中，农业基础条件较好；低—低聚集县域集中于陕北、陕南，农业基础条件较落后。

3）陕西省县域农业经济重心由南向北曲折迁移，2015—2020年澄城县、大荔县等部分县域的农业发展水平大幅提升。

4）农业生产总值与垦殖率呈正相关关系，但存在部分“相对高产”和“相对低产”的离群区县，说明区县间存在农业产业结构、农业科技水平的差异。其中，“相对高产”区县和部分退出“相对低产”区县的农业发展模式具有参考价值。

未来进一步的研究方向包括：①探索农业生产总值与水系分布、坡度、土壤类型等因素的关系，利用地理探测器等地学归因方法准确分析农业经济水平较低区域的落后原因；②结合土地利用类型、植被覆盖、水资源分布等多源遥感数据，利用缓冲区分析和叠置分析等方法深入探索县域农业资源的分布特征、利用状况和潜力空间，对陕西省县域农业发展空间格局进行更深入的探讨。

参考文献

[1] 胡晨沛，李辉尚，郭昕竺. 1978—2017年中国区域农业经济发展差距与结构特征[J]. 浙江农业学报，2020，32(12)：2 253-2 260

[2] 斯丽娟，王超群. 中国城市群区域经济差异、动态演变与收敛性:基于十大城市群夜间灯光数据的研究[J]. 上海经济研究，2021(10):38-52

[3] 燕安. 中国区域经济差异的时空演进[J]. 统计与决策，2020，36(20):86-90

[4] 杨晨晨，郭荣朝. 黄河流域县域经济发展时空演变过程与影响因素研究[J]. 地理空间信息，2023，21(11):20-24

[5] 侯浩川，龙泽昊，胡珮琪，等. 基于GIS的重庆县域产业经济空间差异演化研究[J]. 地理空间信息，2017，15(10):36-39

[6] 董雪兵，池若楠. 中国区域经济差异与收敛的时空演进特征[J]. 经济地理，2020，40(10):11-21

[7] 陈智慧，李秀婷，许健，等. 1995—2017年新疆区域经济差异的时空特征分析[J]. 数学的实践与认识，2023，53(12):31-41

[8] 王东清. 广西区域经济发展差异的时空演变分析[D]. 桂林:广西师范大学，2023

[9] 王芳，高晓路. 内蒙古县域经济空间格局演化研究[J]. 地理科学，2014，34(7):818-824

[10] 梁文琼，王春晓，刘璐. 基于ArcGIS的人口重心和经济重心时空变化分析[J]. 地理空间信息，2022，20(2):67-70

[11] 李晶晶，苗长虹. 长江经济带人口流动对区域经济差异的影响[J]. 地理学报，2017，72(2):197-212

[12] 王大伟，宣卫红，马颖忆，等. “一带一路”视域下西北内陆地区农业基础设施发展态势及影响要素研究:基于西北五省面板数据的实证分析[J]. 东北农业科学，2019，44(5):88-93

[13] Anselin L. Local Indicators of Spatial Association: LISA[J]. Geographical Analysis，1995，27(2):93-115

[14] Li Y R，Zhang X C，Cao Z，et al. Towards the Progress of Ecological Restoration and Economic Development in China's Loess Plateau and Strategy for More Sustainable Development[J]. Science of the Total Environment，2021，756:143 676

[15] Huang W，Wang M Y，Chen X Y. Analysis on Spatial Pattern Evolution of Cultivated Land in Urban Area Based on Spatial Autocorrelation Analysis: A Case Study of Luoyang City[C]// Proceedings of Artificial Intelligence and Security: 7th International Conference，Dublin，Ireland. Springer International Publishing，2021:417-428

[16] Zhang Y，Jiang P，Cui L，et al. Study on the Spatial Variation of China's Territorial Ecological Space Based on the Standard Deviation Ellipse[J]. Frontiers in Environmental Science，2022，10:982 734

[17] Yuan J，Bian Z，Yan Q，et al. An Approach to the Temporal and Spatial Characteristics of Vegetation in the Growing Season in Western China[J]. Remote Sensing，2020，12(6):945-960

[18] Ma L，Long H，Tang L，et al. Analysis of the Spatial Variations of Determinants of Agricultural Production Efficiency in China[J]. Computers and Electronics in Agriculture，2021，180:105 890

[19] Ye S，Song C，Shen S，et al. Spatial Pattern of Arable Land-use Intensity in China[J]. Land Use Policy，2020，99:104 845