

近40年河南省农业生产空间演变特征及驱动因素

孔冬艳¹, 吴孔森¹, 卢婷²

(1.河南师范大学 地理与旅游学院,河南 新乡 453007;2.赣州市国土空间调查规划研究中心,江西 赣州 360700)

摘要:河南省作为我国的农业大省和粮食主产区之一,研究其农业生产空间的时空变化特征及驱动因素对耕地保护与粮食安全具有重要意义.以河南省1980年、1990年、2000年、2010年、2020年5期土地利用数据为基础,综合利用GIS空间分析和地理探测器模型,对1980—2020年河南省农业生产空间变化的时空分异特征及主要驱动因素进行探究.结果发现:1980—2020年河南省农业生产空间面积总体减少,减少的农业生产空间主要向农村生活空间、城镇生活空间和工业生产空间等建设用地转换;且各时期农业生产空间面积变化和空间分布特征差异明显,以2000—2010年农业生产空间面积变化最多.1980—2020年,河南省农业生产空间综合动态度呈现先升高后降低的变化趋势,空间上总体呈东北—西南向的分布格局,东—西方向扩张趋势强于南—北方向,农业生产空间动态变化活跃区域主要分布在郑州市北部的部分县域.人口密度、第一产业比例、GDP、城镇化率、年均气温、第二产业比例和农业机械化水平是河南省农业生产空间变化的主要驱动因子,且单一因子作用均小于双因子的交互作用,表现为非线性增强或双因子增强的协调增强效果.

关键词:农业生产空间;时空特征;影响因素;地理探测器

中图分类号:F301.2

文献标志码:A

文章编号:1000-2367(2026)05-0047-09

国土空间是国家主权与主权利管辖下的地域空间,而“三生空间”(生产空间、生活空间与生态空间)作为国土空间在功能服务上的具体形式,逐步成为自然科学与社会科学研究的热点^[1-2].农业生产空间作为生产空间的构成部分,是农业生产活动的地理基础,目前研究主要集中在其资源环境承载力^[3]、生产资本化特征^[4]等方面,对农业生产空间的演变及其动态演化的影响因素分析相对不足.因此,探究特定区域单类型国土空间,特别是农业生产空间时空演化过程及其影响因素,可为农业生产空间的保护提供科学决策依据,对丰富与深化国土空间研究内容具有重要意义.

河南省是我国的粮食主产区之一,有“中原粮仓”之称,该地区占全国1/16的耕地,生产了全国1/10的粮食.2023年河南省粮食产量6 624.3万t,仅次于黑龙江省位居全国第二.然而,随着区域工业化与城镇化的快速发展以及人口的增长,河南省农业生产空间较多地向城镇生活空间与工业生产空间转变,对区域农业生产潜力产生了巨大影响.本文以河南省1980—2020年长时间序列国土空间数据为基础,采用ArcGIS 10.8和地理探测器模型,对河南省近40年来农业生产空间的变化特征进行探究,从自然和社会经济两个方面对驱动农业生产空间变化的影响因子进行分析,以期对区域农业生产空间布局优化与合理利用提供参考依据.

收稿日期:2025-02-19;**修回日期:**2025-03-25.

基金项目:河南省软科学研究计划项目(252400410298).

作者简介:孔冬艳(1990—),女,河南兰考人,河南师范大学讲师,博士,研究方向为土地资源管理,E-mail:kongdy12@126.com.

通信作者:吴孔森,E-mail:kongsenwu@126.com.

引用本文:孔冬艳,吴孔森,卢婷.近40年河南省农业生产空间演变特征及驱动因素[J].河南师范大学学报(自然科学版),2026,54(5):47-55.(Kong Dongyan,Wu Kongsen,Lu Xing.Evolution characteristics and driving factors of agricultural production space in Henan Province in the past 40 years[J].Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition),2026,54(5):47-55.DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2025.02.19.0006.)

1 研究区概况、研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

河南省位于中国的中东部、华北平原南部的黄河中下游地区,东接安徽、山东,北接河北、山西,西连陕西,南临湖北,2022 年下辖 17 个地级市,1 个省直辖县级市,21 个县级市,82 个县,54 个市辖区,总面积约 $1.67 \times 10^5 \text{ km}^2$.河南省地势整体西高东低,南、西、北三面被大别山、桐柏山、伏牛山和太行山环绕,中东部地区为平坦广阔的黄淮海平原,西南部为南阳盆地,平原(盆地)、丘陵和山地占河南省的总面积分别为 55.7%、17.7%和 26.6%^[5].

1.2 研究方法

1.2.1 农业生产空间利用动态度

农业生产空间利用动态度能够反映一个地区农业生产转入与转出的活跃程度,计算公式如下:

$$K = \frac{U_{t_2} - U_{t_1}}{U_{t_1}} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\%, \tag{1}$$

式中, t_1 和 t_2 表示研究时间; U_{t_1} 、 U_{t_2} 分别表示在 t_1 和 t_2 时间中农业生产空间的面积; K 为 t_1 至 t_2 时段内农业生产空间面积的动态变化度.

1.2.2 农业生产空间动态度重心转移

采用 ArcGIS 10.8 中的标准差椭圆工具分析河南省不同时期农业生产空间动态度中心的空间转移过程.标准差椭圆由中心(经纬度坐标)、长短轴(x 轴和 y 轴)标准差、转角 θ (方位角)等要素构成,可对要素空间分布中心、范围、形态及变化方向进行定量描述.其中,标准差椭圆中心反映要素的中心性、长半轴和短半轴分别表征地理要素分布方向和离散情况、方位角反映了要素分布的主趋势方向.计算公式参见文献[6].

1.2.3 农业生产空间动态演变影响因素识别

采用地理探测器对河南省农业生产空间动态演变的影响因素及交互效应进行识别.地理探测器包括因子探测器、交互探测器、风险探测器和生态探测器 4 种探测方法.利用该模型可对同一空间尺度不同种类的因子进行单因子和多因子的交互分析,使研究结果更科学.因子探测通过 q 值来定量刻画自变量 X 对因变量 Y 空间分异的解释程度,交互作用探测是评估两个自变量共同作用时对因变量的解释程度是否会增强或者减弱. X 是初筛选取的 11 个影响因子, Y 是农业生产空间的动态变化度.模型如下:

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2, \tag{2}$$

式中, q 为影响因子对农业生产空间变化的解释力,取值范围为 $[0, 1]$, q 值越大,说明该影响因子对农业生产空间变化程度的影响越大,解释力越强; h 为变量 Y 或因子 X 的分层; N 和 N_h 分别为研究区样本数和 h 层样本数; σ_1^2 和 σ_h^2 分别为研究区全区和 h 层农业生产空间变化的方差; L 为分层的个数.

1.3 数据来源与处理

数据主要包括土地利用数据、数字高程模型(DEM)数据、气象数据以及社会经济统计数据等.其中,土地利用数据主要包括 1980、1990、2000、2010 和 2020 年 5 期,来自中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>),空间分辨率是 $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$.DEM 数据来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>),空间分辨率是 $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$.气象数据主要包括研究时点的年均气温和年均降水量,来自中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>),空间分辨率是 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$.社会经济数据主要包括人口密度、GDP、第一产业比例、第二产业比例、第三产业比例、农业机械总动力、城镇化水平等,来自 2001—2021 年《中国县域统计年鉴》《河南统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《2000 人口普查分县资料》以及河南省各市统计年鉴等.

“三生空间”分类体系中的一级类与已有的三生功能一级类保持一致,在三级类中与土地利用类型相对应,根据《全国遥感监测土地利用/覆盖分类体系》的二级分类标准,在土地利用功能与土地利用类型辨析的基础上,借鉴已有相关研究成果^[7-8],建立“三生空间”与土地利用类型的对应关系,其中农业生产空间主要

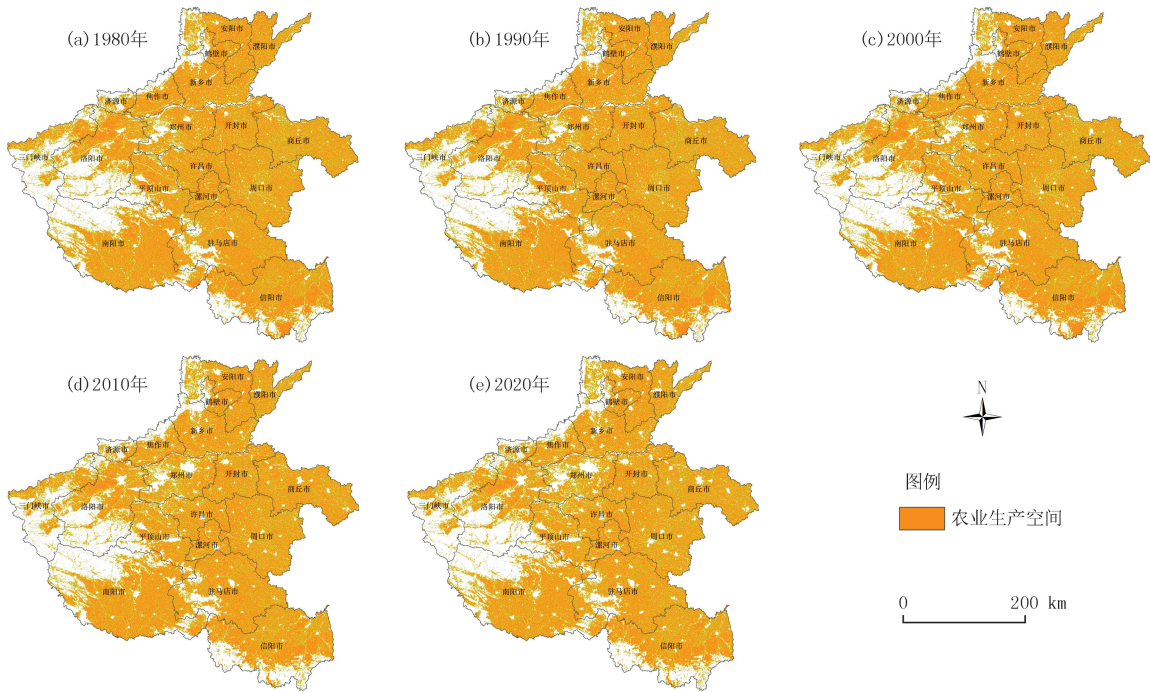
包括水田和旱地.

2 结果与分析

2.1 农业生产空间变化特征

2.1.1 时空特征

1980—2020 年,河南省农业生产空间面积呈减少趋势,其中 1980—2000 年的农业生产空间面积比例变化较小,而 2000—2020 年河南省农业生产空间面积比例变化较大,呈持续增加的趋势(图 1).



注:该图根据审图号GS(2019)1822号的标准地图制作,底图无修改,全文同.

图1 1980—2020年农业生产空间分布

Fig.1 Distribution of agricultural production space from 1980 to 2020

1980—2020 年,河南省农业生产空间的分布格局基本一致,主要分布在河南省中东部的黄淮海平原,而在北、西、南的山地和丘陵区分布较少.相较于平原,山地和丘陵由于其地形条件复杂,对农业生产空间的限制更大.其中 2000—2020 年,河南省各市的市区农业生产空间面积减少较为明显,究其原因,主要是随着城镇化和经济社会的快速发展,城镇和工业发展等需要占用更多的空间,而河南作为农业大省,农业生产空间占比较大,被占用并作为其他用途的可能性较高.

2.1.2 转换特征

利用 ArcGIS 10.8 分别计算河南省 1980—1990 年、1990—2000 年、2000—2010 年和 2010—2020 年 4 个时期农业生产空间转入和转出面积的时空变化情况,结果如附录表 S1 和图 2 所示.1980—1990 年,农业生产空间面积以减少为主,该时期农业生产空间发生转换的面积与其他时期相比较少,零散分布在河南省各区,且北部相对南部发生转换的面积更多,集中连片性更强,主要是农业生产空间向城镇生活空间转换.农业生产空间增加部分主要由水域生态空间转化而来,以郑州东北部、焦作东南部和驻马店的西部分布为主.1990—2000 年,与前一时期相比,农业生产空间发生转换的面积明显增加,且空间分布更为分散.该时期农业生产空间面积以增加为主,增加部分主要由林地、草地和水域等生态空间转化而来,以平顶山南部、南阳西南、驻马店东部、信阳大部等丘陵和山地区域分布为主,究其原因在于区域耕地资源稀缺,导致乡村耕地开垦动力较大.此外,郑州、焦作、新乡和开封交界处的黄河沿岸地区亦是农业生产空间转入的重要区域.而农业生产空间减少面积主要向城镇生活空间、农村生活空间和工业生产空间等建设用地转换为主,多分布在北部平原地区城镇发展外围区域.2000—2010 年是 4 个时期农业生产空间面积变化最大的一个时期.该时期农业生产

空间面积以减少为主,减少面积主要向城镇和农村生活空间、工业生产空间等建设用地以及林地生态空间转化,多分布在北部平原城市外围区域,在郑州市表现得尤为明显.而农业生产空间面积增加部分主要由农村生活空间以及林地和草地生态空间转化,多分布在郑州西部以及三门峡的灵宝市部分区域.2010—2020 年,农业生产空间发生变化的面积相较于 2000—2010 年减少,但仍多于 1980—2000 年,农业生产空间在该时期整体呈减少趋势,减少面积主要向农村、城镇生活空间和工业生产空间转化,以东部地区的分布为主;而农业生产空间面积增加部分主要由农村生产空间和林地生态空间转化而来,以西部的分布为主.

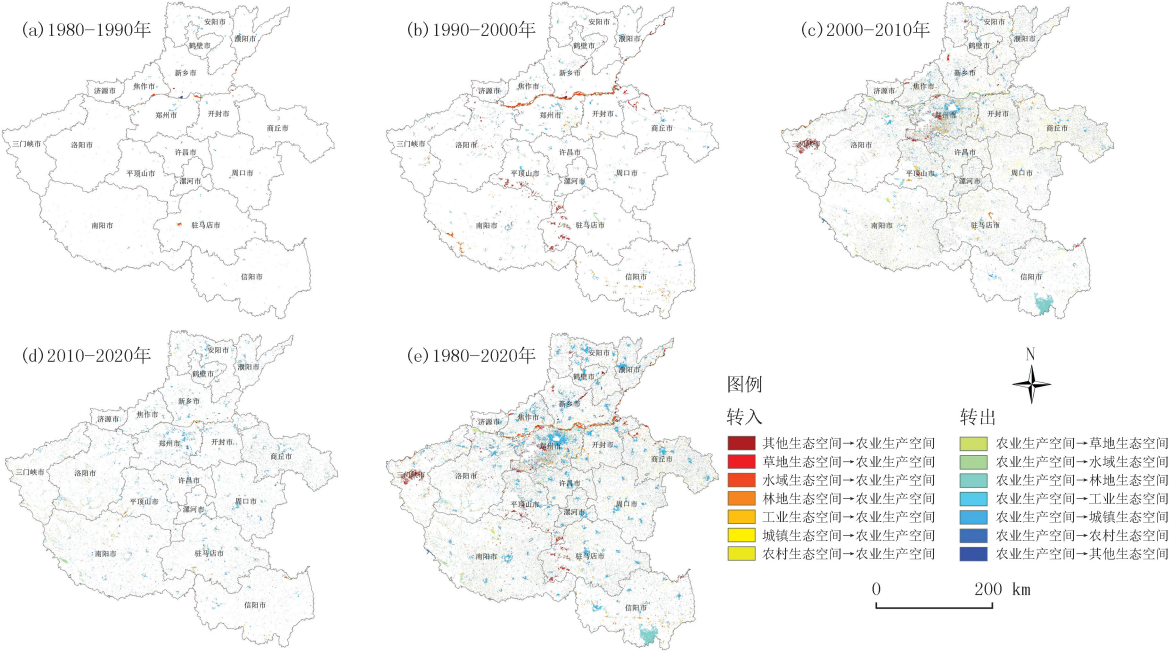


图2 1980—2020年不同时段农业生产空间转换空间分布

Fig.2 Spatial distribution of agricultural production space transformation in different periods from 1980 to 2020

综上,1980—2020 年河南省农业生产空间数量变化和转移变化率在不同时期特点不一,但整体呈现减少趋势,减少的农业生产空间主要向城镇生活空间和农村生活空间等建设用地转变.1980—2000 年,农业生产空间面积相较于 2000—2020 年变化较小,1980—1990 年农业生产空间面积减少,1990—2000 年农业生产空间面积增加,而在 2000—2020 年农业生产空间面积有较大幅度的减少,特别是 2000—2010 年是农业生产空间的面积变化最大的一个时期,且该时期也是农业生产空间向林地生态空间转化面积最大的一个时期,这主要受退耕还林政策的影响,大面积的农业生产空间即耕地转化为林地.从各阶段农业生产空间的转化特点可以看出,河南省建设发展经历了早期单一的追求经济发展到后来追求社会、经济与生态的全面发展的转变.

2.2 农业生产空间动态度

2.2.1 农业生产空间动态度空间分布

为进一步确定农业生产空间在各时期动态变化的活跃程度,引入农业生产空间动态度模型即式(1),计算各时期农业生产空间的动态度.由计算结果可知,1980—1990 年、1990—2000 年、2000—2010 年和 2010—2020 年 4 个时期河南省的农业生产空间综合动态度分别为-0.213 7、0.100 3、-1.739 9 和 -2.785 8,可以看出,河南省农业生产空间动态度除 1990—2000 年大于 0 外,其他 3 个时段均小于 0,说明农业生产空间面积除在 1990—2000 年扩张外,在 1980—1990 年、2000—2010 年和 2010—2020 年均不同程度的缩减.整体而言,随着时间推移,河南省农业生产空间的综合动态度呈先升高后降低的变化趋势,2010—2020 年农业生产空间的变化最为活跃.

以县域为分析单元,利用 ArcGIS 10.8 绘制 1980—2020 年不同时期农业生产空间的动态度变化图(图 3).从图 3 中可以看出,河南省 4 个时期的农业生产空间动态度具有明显差异.1980—1990 年,县域的农业生产空间动态度以负值为主,即农业生产空间面积以转出的县域较多,郑州、新乡、许昌、焦作等地的部分县域

农业生产空间变化最为活跃;而转入县域除安阳外,在河南省各市均有分布.1990—2000 年,与前期相比,农业生产空间动态变化更为活跃且存在一定的空间差异,但仍以负值为主,转入和转出县域相间分布;农业生产空间转出变化较大区域主要分布在平顶山中部、洛阳东北部等县域.2000—2010 年,与前两个时期相比,农业生产空间动态值明显增加且活跃度进一步提升,转入和转出相间分布.农业生产空间动态转出变化较大的区域主要分布在郑州北部、许昌和平顶山中部、洛阳北部以及信阳南部的部分县域,而动态转入变化较大的区域主要分布在平顶山中部县域.2010—2020 年,与 1990—2000 年和 2000—2010 年相比,农业生产空间动态变化有所下降,除驻马店南部和信阳市的部分县域转入外,其他县域均以转出为主.农业生产空间动态转出变化较大的区域主要分布在郑州北部、许昌中部、洛阳东北部以及安阳的部分县域.以上县域动态空间分析可以看出,2000—2010 年是农业生产空间动态变化最为活跃的时期,1980—1990 年农业生产空间动态变化活跃程度最低.农业生产空间动态变化活跃的区域主要分布在郑州北部的部分县域.

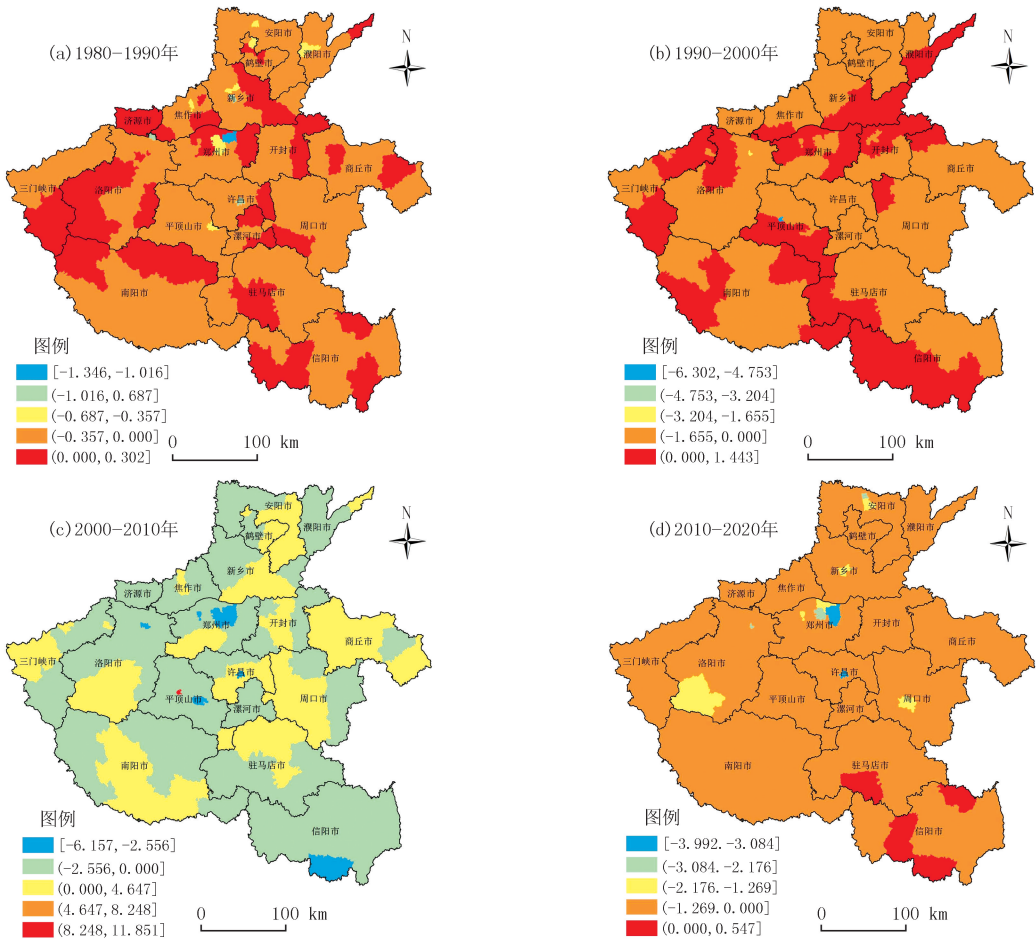


图3 1980—2020年农业生产空间的动态度变化

Fig.3 The change of agricultural production space dynamics from 1980 to 2020

2.2.2 农业生产空间动态度空间演化趋势

采用 ArcGIS 10.8 对河南省 1980—2020 年不同时期农业生产空间动态度进行标准差椭圆分析,结果如图 4.1980—2020 年不同时期农业生产空间动态度的标准差椭圆分布范围较广,囊括了除北部的濮阳、西部的三门峡、南部的信阳之外的河南大部分地区.1980—1990 年,河南省农业生产空间的平均中心位于新乡南部与郑州北部的交界处(113°50′00″E, 34°53′13″N),呈东北—西南方向,方位角为 33.082 9°,x 与 y 轴标准差分别为 0.939 2 和 1.227 0.1990—2000 年,河南省农业生产空间的平均中心由新乡南部与郑州北部交界处转向郑州中南部(113°25′34″E, 34°30′52″N),椭圆方位角由 1980—1990 年的 33.082 9°变为 58.681 9°,说明农业生产空间动态度分布走向有向西南转移趋势,且发生区域范围有所扩大,面积由 1980—1990 年的 36 711.528 7 km² 扩大为 1990—2000 年的 54 458.181 6 km²,呈多发趋势.2000—2010 年,农业生产空间动

态度的平均中心由 1990—2000 年的郑州中南部转向郑州南部(113°31′42″E, 34°23′29″N),方位角由 1990—2000 年的 58.681 9°变为 153.821 6°,整体方向有向东南转移的趋势,椭圆面积由 1990—2000 年的 54 458.181 6 km² 扩大至 2000—2010 年的 59 240.516 0 km²,表明农业生产空间动态进一步加大.2010—2020 年,农业生产空间动态态度的平均中心由郑州南部转向郑州中部(113°40′30″E, 34°36′41″N),椭圆方位角由 2000—2010 年的 153.821 6°变为 61.254 1°,说明农业生产空间动态度分布走向有向东北转移趋势,面积由 2000—2010 年的 59 240.516 0 km² 减少至 2010—2020 年的 56 003.397 9 km²,说明 2010—2020 年河南省农业生产空间动态度较 2000—2010 年呈减少趋势.

从标准差椭圆分布形状变化分析,河南省农业生产空间动态度标准差椭圆的形态变化幅度不大,总体表现为“东北—西南”的分布方向.从标准差椭圆的 y 轴和 x 轴标准差变化可以看出河南省农业生产空间动态度空间分布沿主轴方向(南—北)和东—西的变化程度,其中 y 轴标准差处于先减后增再减的态势,而 x 轴标准差处于先增后减再增的态势,表明河南省农业生产空间动态度分布在南—北和东—西向呈现相反的变化趋势,其中南—北向呈现先收缩后扩张再收缩,而东—西向呈现先扩张后收缩再扩张的趋势,东—西向扩张趋势强于南—北向.受河南南部地形特点以及退耕还林还草政策的影响,农业生产空间在南—北方向发展受到限制,导致标准差椭圆在南—北方向的空间分布变化过程不是十分明显;20 世纪 90 年代,区域社会经济进入快速发展时期,农业生产空间面积发生较大变化,特别是郑州及其东西地区的面积变化最大,造成标准差椭圆的 x 轴标准差快速扩张,进入 21 世纪,开始向郑州以南等地区发展,东—西向农业生产空间动态度变化缓慢,标准差椭圆沿东—西的方向开始逐渐收敛,造成椭圆 x 轴标准差在 2000 年之后变化不明显.从方位角 θ 与平均中心看,1980—2020 年河南省农业生产空间动态度空间分布中心经历了从新乡南部与郑州北部交界地向西南、东南、东北转移的动态过程,农业生产空间动态度空间分布中心整体向西南转移.标准差椭圆面积在 1980—2020 年呈先增后减、整体增大的变化趋势.

2.3 农业生产空间变化驱动因素

2.3.1 驱动因子选择

农业生产空间变化受气候、地形、人口、经济等自然环境和社会经济因素的综合影响,参考已有相关研究^[9-10],结合河南省社会经济发展特征,从自然环境和社会经济两个方面选取 11 个影响因子构建农业生产空间动态变化驱动因素体系(附录表 S2).以县域为分析单元,采用地理探测器来识别河南省农业生产空间动态变化的主要驱动因子.通过前文的分析发现,河南省农业生产空间在 2000—2020 年较 1980—2000 年变化较大,并限于相同研究截面数据的可获取性,选择 2000—2020 年分析河南省农业生产空间动态变化的驱动因素.

2.3.2 驱动因子探测

运用地理探测器模型,通过因子探测器获得所选驱动因子对 2000—2020 年河南省农业生产空间变化的影响强度,即地理探测器的 q 值.从附录表 S2 可以看出,2000—2020 年河南省农业生产空间变化的主要驱动因子有年均气温(X_3)、GDP(X_5)、人口密度(X_9)、第一产业比例(X_6)、城镇化率(X_{10})、第二产业比例(X_7)和农业机械化水平(X_{11})等因子,包括 1 个自然环境因子与 6 个社会经济因子,各因子对农业生产空间变化驱动影响强度从大到小的排序为: $q(X_9)$ 、 $q(X_6)$ 、 $q(X_5)$ 、 $q(X_{10})$ 、 $q(X_3)$ 、 $q(X_7)$ 、 $q(X_{11})$.其中,人口密度起主导作用,其解释力 q 值为 0.363 5,其次为第一产业比例和 GDP,而城镇化率、年均气温、第二产业比例和农业机械化水平对农业生产空间变化的解释力相对其他几个指标较弱.

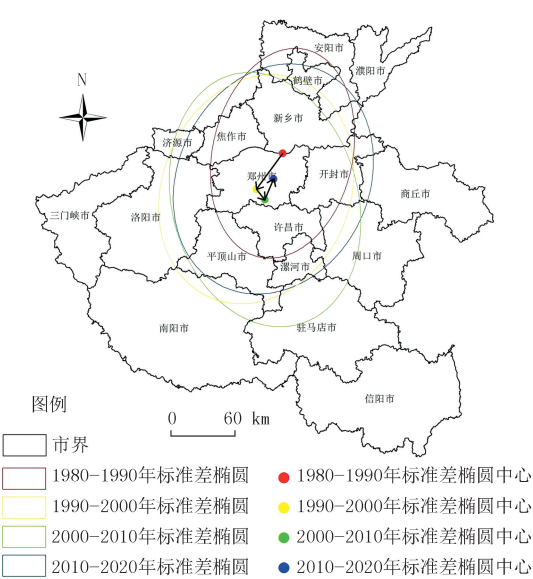


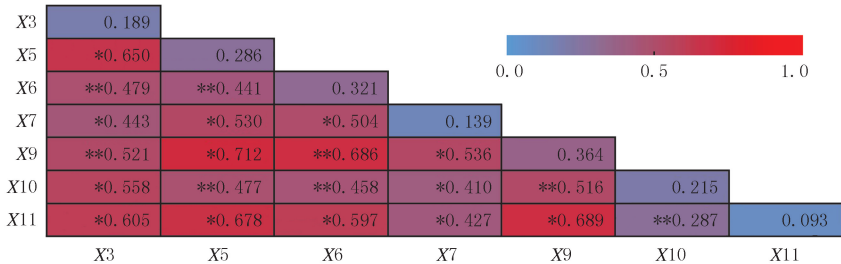
图4 1980—2020年不同时期农业生产空间动态度标准差椭圆及其平均中心

Fig.4 Standard deviational ellipses and mean centers of dynamic attitude of agricultural production space in different periods from 1980 to 2020

从自然环境因素来看,气温变化对种植结构以及农作物的长势均存在显著影响,气候暖化不仅抑制农作物光合作用的进程和强度,同时也加剧了干旱灾害的风险,在一定程度上影响农业生产规模,进而影响农业生产空间的变化.从社会经济维度来看,国土空间是社会经济活动的空间载体,土地利用形态则是社会经济活动在空间上的直观反映.进入 21 世纪后,河南省工业化进程加快,社会经济水平不断提升,产业重心亦不断向二、三产业倾斜,工业生产空间不断扩张,由于农业生产用地具有良好的自然与社会属性,导致农业生产空间向工业生产空间转换.此外,人口的增长,特别是中生代家庭的独立及城市化的快速推进,对生活空间提出了新的要求,加之前期政策制度的不完善及耕地保护力度的不足,导致农业生产空间规模在生活空间扩张中有所降低.最后,社会生产力发展提高了河南省农业生产机械化水平,不仅提升了农业生产的效益与效率,也在一定程度上改变了农业生产空间的存量与分布,亦是推动农业生产空间动态变化的重要影响因素.

2.3.3 驱动因子交互作用探测

运用地理探测器模型,通过交互作用探测器获取 2000—2020 年各个主要驱动因子对河南省农业生产空间变化的交互作用(图 5).结果表明,7 个主要驱动因子对河南省农业生产空间动态变化的驱动影响作用均小于双因子的交互作用,表现为非线性增强或双因子增强,其中非线性增强 13 个,双因子增强 8 个,说明自然环境和社会经济对农业生产空间的影响存在协同增强的效应.自然环境因素是农业生产空间变化的基础,而社会经济的快速发展则加剧了人类对农业生产空间利用程度的干扰.具有较强解释力的交互因子是 GDP(X5)—人口密度(X9)、人口密度(X9)—农业机械化水平(X11)、第一产业比例(X6)—人口密度(X9)、GDP(X5)—农业机械化水平(X11)、年均气温(X3)—GDP(X5)等,交互作用的 q 值分别为 0.712、0.689、0.686、0.675、0.650 等.其中,GDP(X5)—人口密度(X9)、人口密度(X9)—农业机械化水平(X11)、GDP(X5)—农业机械化水平(X11)、年均气温(X3)—GDP(X5)、年均气温(X3)—农业机械化水平(X11)、第一产业比例(X6)—农业机械化水平(X11)、年均气温(X3)—城镇化率(X10)、GDP(X5)—第二产业比例(X7)和第一产业比例(X6)—第二产业比例(X7)等均为非线性增强,而第一产业比例(X6)—人口密度(X9)、年均气温(X3)—人口密度(X9)、人口密度(X9)—城镇化率(X10)等为双因子增强.上述分析可知,社会经济驱动因子交互占主导趋势.



注:*为非线性增强,**为双因子增强.

图5 2000—2020年农业生产空间动态变化驱动因子交互探测结果

Fig.5 Interactive detection results of driving factors of dynamic change of agricultural production space from 2000 to 2020

3 结论与讨论

3.1 结论

1)1980—2020 年,河南省农业生产空间主要分布在中东部的黄淮海平原,总体呈减少趋势.农业生产空间的转入和转出的时空差异明显,主要向农村生活空间、城镇生活空间和工业生产空间等建设用地转出,而农业生产空间的转入主要由水域、草地和林地等生态空间以及农村生活空间构成.

2)1980—2020 年,河南省农业生产空间综合动态度呈现先升高后降低的变化趋势.而在县域动态度的空间分析上,2000—2010 年是农业生产空间动态变化最活跃时期.农业生产空间动态度高值区主要分布在郑州市北部的部分县域,空间分布总体呈东北—西南格局,东—西方向扩张趋势强于南—北方向.

3)1980—2020 年河南省农业生产空间动态变化是自然环境和社会经济等多种因素共同驱动的结果,其

中人口密度起主导作用,且单一因子作用均小于双因子的交互作用,表现为非线性增强或双因子增强的协调增强效果.

3.2 讨论

河南省作为中国重要的粮食主产区,在确保国家粮食安全中起着至关重要的作用.因此,加强区域农业生产空间保护对维护区域乃至中国经济社会的稳定发展具有重要意义.首先,从农业生产空间转出来看,研究期内农业生产空间主要向农村生活空间、城镇生活空间和工业生产空间等建设用地转变,可见快速城镇化与工业化以及乡村生活空间的无序扩张成为河南省农业生产空间减少的主要原因.因此,在今后发展过程中应根据区域人口规模及动态变化合理把控城市规模,调整城市化发展模式,改变“摊大饼”式城市扩张,将城市发展重心转移到城市内部空间潜力挖掘,严格控制城市发展对农业生产空间的侵占.此外,严格控制农村生活空间的无序增长,逐渐消除农村“建新不拆旧”造成的土地浪费,严禁新增生活空间对农业生产空间的侵占;对空心村进行以合村并村和拆旧挖潜为主要内容的土地整治工作,在此基础上进行高质量基本农田建设,以期增加农业生产空间存量.其次,从农业生产空间转入来看,水域、草地和林地等生态空间是新增农业生产空间的主要来源.生态空间向农业生产空间的转变虽然在一定程度上保证了区域农业生产功能,但同时也破坏了区域的生态服务功能.因此,在今后农业生产空间保护过程中应加强用途管制,统筹划定生态保护、永久基本农田、城镇开发边界三条控制红线,严格把控农业生产空间对生态空间的侵占.最后,在保障农业生产空间存量的同时要重视对现有农业生产空间生产潜力的挖掘,加强农田基础设施配套,开展耕地利用质量评价,推进用地和养地相结合,鼓励耕地经营者持续增加投入改善地力,提高农业生产空间产能.

附录见电子版(DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2025.02.19.0006).

参 考 文 献

[1] 樊杰.主体功能区战略与优化国土空间开发格局[J].中国科学院院刊,2013,28(2):193-206.
Fan J.The strategy of major function oriented zoning and the optimization of territorial development patterns[J].Bulletin of Chinese Academy of Sciences,2013,28(2):193-206.

[2] 宋永永,薛东前,夏四友,等.近 40a 黄河流域国土空间格局变化特征与形成机理[J].地理研究,2021,40(5):1445-1463.
Song Y Y,Xue D Q,Xia S Y,et al.Change characteristics and formation mechanism of the territorial spatial pattern in the Yellow River Basin from 1980 to 2018,China[J].Geographical Research,2021,40(5):1445-1463.

[3] 潘瑜鑫,杨忍,林元城.中国农业生产空间资源环境承载力和适宜性演化及其耦合机制[J].中国土地科学,2023,37(1):20-31.
Pan Y X,Yang R,Lin Y C.Evolution of spatial resource and environment carrying capacity and suitability of agricultural production in China and its coupling mechanism[J].China Land Science,2023,37(1):20-31.

[4] 杨雪春,王茂军,宁志中,等.山东省泰安市农业空间生产资本化特征及模式研究[J].人文地理,2021,36(6):117-124.
Yang X C,Wang M J,Ning Z Z,et al.Research on the capitalization characteristics and modes of agricultural space production in Tai'an [J].Human Geography,2021,36(6):117-124.

[5] 张鹏岩,秦明周,闫江虹,等.河南省耕地资源利用效益的影响因素及特征分析[J].中国人口·资源与环境,2013,23(1):162-169.
Zhang P Y,Qin M Z,Yan J H,et al.Study on impact factors and characteristic of cultivated land resources' utilization benefit in Henan Province[J].China Population,Resources and Environment,2013,23(1):162-169.

[6] 周婷,牛安逸,马姣娇,等.国家湿地公园时空格局特征[J].自然资源学报,2019,34(1):26-39.
Zhou T,Niu A Y,Ma J J,et al.Spatio-temporal pattern of national wetland parks[J].Journal of Natural Resources,2019,34(1):26-39.

[7] 杨清可,段学军,王磊,等.基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应:以长江三角洲核心区为例[J].地理科学,2018,38(1):97-106.
Yang Q K,Duan X J,Wang L,et al.Land use transformation based on ecological-production-living spaces and associated eco-environment effects:a case study in the Yangtze River Delta[J].Scientia Geographica Sinica,2018,38(1):97-106.

[8] 孔冬艳,陈会广,吴孔森.中国“三生空间”演变特征、生态环境效应及其影响因素[J].自然资源学报,2021,36(5):1116-1135.
Kong D Y,Chen H G,Wu K S.The evolution of "Production-Living-Ecological" space,eco-environmental effects and its influencing factors in China[J].Journal of Natural Resources,2021,36(5):1116-1135.

[9] 李丹,周嘉,战大庆.黑龙江省耕地时空变化及驱动因素分析[J].地理科学,2021,41(7):1266-1275.
Li D,Zhou J,Zhan D Q.Spatial and temporal changes and driving factors of cultivated land in Heilongjiang Province[J].Scientia Geographica Sinica,2021,41(7):1266-1275.

[10] 魏慧,吕昌河,尹旭.青藏高原耕地的空间分异及其影响因素[J].地理科学,2023,43(3):379-387.

Wei H,Lyu C H,Yin X.Spatial differentiation of farmland and influencing factors on the Qinghai-Tibet Plateau[J].Geographical Science, 2023,43(3):379-387.

Evolution characteristics and driving factors of agricultural production space in Henan Province in the past 40 years

Kong Dongyan¹, Wu Kongsen¹, Lu Xing²

(1.School of Geography and Tourism, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China;
2. Urban Planning Design Institute of Ganzhou, Ganzhou 360700, China)

Abstract: Henan Province is a big agricultural province and one of the main grain producing areas in China. It is of great significance to study the spatio-temporal characteristics and main driving factors of agricultural production space for the protection of cultivated land and food security. Based on the land use data of Henan Province in 1980, 1990, 2000, 2010, and 2020, this paper comprehensively used GIS spatial analysis and geodetector to explore the spatio-temporal characteristics and main driving factors of agricultural production spatial change in Henan Province during 1980—2020. The results indicated that: from 1980 to 2020, the total area of agricultural production space decreased in Henan Province, and the reduced agricultural production space was mainly converted to construction land of rural living space, urban living space and industrial production space. The area changes and distribution characteristics of agricultural production space in different periods were significantly different, and the area changes of agricultural production space in 2000—2010 were the most significant. From 1980 to 2020, the synthetical dynamic degree of agricultural production space in Henan Province showed a trend of first increasing and then decreasing. The general distribution pattern is northeast-southwest, and the expansion trend in the east-west direction was stronger than that in the south-north direction. The regions with active dynamic degree of agricultural production space were concentrated in some counties in the north of Zhengzhou. Population density, proportion of the primary sector, GDP, urbanization rate, annual mean temperature, proportion of secondary sector and the level of agricultural mechanization were the main driving factors of agricultural production space changes in Henan Province, and the effect of single factor was smaller than that of double factor interaction, which was manifested as nonlinear enhancement or coordination enhancement effect of double factor enhancement.

Keywords: agricultural production space; temporal and spatial characteristics; influencing factors; geodetector

[责任编辑 刘洋 赵晓华]

表 S1 1980—2020 年河南省农业生产空间数量结构变化

Tab. S1 The quantity structure change of agricultural production space in Henan Province from 1980 to 2020

转换方向	转换类型	1980—1990 年		1990—2000 年		2000—2010 年		2010—2020 年	
		转换面	变化	转换面	变化	转换面	变化	转换面	变化
		积/km ²	比例/%	积/km ²	比例/%	积/km ²	比例/%	积/km ²	比例/%
农业生产空间转出	→工业生产空间	13.541	2.280	185.060	6.265	456.931	3.573	860.702	16.697
	→城镇生活空间	211.897	35.683	647.190	21.912	1210.527	9.466	838.808	16.273
	→农村生活空间	53.654	9.035	341.683	11.568	3654.762	28.579	1329.679	25.795
	→林地生态空间	25.219	4.247	50.446	1.708	972.802	7.607	581.665	11.284
	→草地生态空间	6.798	1.145	22.622	0.766	294.560	2.303	107.744	2.090
	→水域生态空间	80.172	13.501	172.343	5.835	745.776	5.832	338.661	6.570
	→其他生态空间	20.511	3.454	3.944	0.134	0.723	0.006	1.025	0.020
	合计	411.791	69.344	1 423.287	48.188	7 336.081	57.366	4 058.285	78.729
农业生产空间转入	←工业生产空间	0.723	0.122	0.189	0.006	180.000	1.408	40.445	0.785
	←城镇生活空间	1.022	0.172	0.304	0.010	84.801	0.663	16.623	0.322
	←农村生活空间	13.902	2.341	19.718	0.668	3477.264	27.191	368.299	7.145
	←林地生态空间	19.093	3.215	268.190	9.080	677.746	5.300	475.903	9.232
	←草地生态空间	8.885	1.496	512.510	17.352	594.367	4.648	91.218	1.770
	←水域生态空间	128.043	21.562	639.191	21.641	400.811	3.134	100.076	1.941
	←其他生态空间	10.381	1.748	90.245	3.055	37.117	0.290	3.892	0.075
	合计	182.048	30.656	1 530.347	51.812	5 452.106	42.634	1 096.456	21.271

表 S2 农业生产空间动态变化驱动因子指标体系

Tab. S2 Index system of driving factors of dynamic change of agricultural production space

维度	指标	<i>q</i> 值	<i>p</i> 值
自然环境特征	平均高程(<i>X</i> 1)	0.046	0.253
	平均坡度(<i>X</i> 2)	0.031	0.454
	年均气温(<i>X</i> 3)	0.189	0.000
	年均降水量(<i>X</i> 4)	0.048	0.225
社会经济特征	GDP(<i>X</i> 5)	0.286	0.005
	第一产业比例(<i>X</i> 6)	0.321	0.000
	第二产业比例(<i>X</i> 7)	0.139	0.000
	第三产业比例(<i>X</i> 8)	0.029	0.488
	人口密度(<i>X</i> 9)	0.364	0.000
	城镇化率(<i>X</i> 10)	0.215	0.000
	农业机械化水平(<i>X</i> 11)	0.093	0.031