

# 南阳盆地耕地利用效率演变及其影响因素

冀正欣<sup>1,2,3</sup>, 王秀丽<sup>1,2</sup>, 李玲<sup>1,2</sup>, 关小克<sup>4</sup>, 蔚霖<sup>1,2</sup>, 许月卿<sup>3</sup>

(1. 河南农业大学资源与环境学院, 郑州 450002; 2. 河南省土地整治与生态重建工程技术研究中心, 郑州 450002; 3. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193; 4. 郑州轻工业大学社会发展研究中心, 郑州 450002)

**摘要:** 研究耕地利用效率演变规律关乎农业产业振兴与国家粮食安全。在使用DEA-GWR指数模型测算出南阳盆地12县(区)2000年、2010年、2016年耕地利用效率的基础上, 结合趋势面分析和 $G_i^*$ 指数研究耕地利用效率的时空格局演变特征, 并分析其影响因素。结果表明: (1)2000年、2010年和2016年研究区综合效率整体呈上升趋势, 2000年和2016年规模效率对综合效率的作用更大, 而2010年纯技术效率则对综合效率更具影响。(2)从全局视角看, 三个时期耕地利用综合效率高值区从东南部向中部及西北部转变, 呈现出明显的地域分异规律; 从局部视角来看, 相对高值(低值)耕地利用综合效率在空间上呈现出较强的组团式集聚。(3)在耕地利用效率影响因素中, 影响程度的绝对值由大到小依次为: 农业劳动力 > 复种指数 > 农业机械总动力 > 化肥施用量 > 人均耕地 > 地形条件 > 农村居民人均可支配收入 > 城市化水平。

**关键词:** 耕地利用效率; 时空演变; DEA-GWR模型; 影响因素; 南阳盆地

耕地作为人类社会赖以生存和发展的基本资源, 在保障国家粮食安全, 促进国民经济社会发展、支撑生态环境建设中起着无可取代的作用<sup>[1,2]</sup>。耕地利用效率的变化是对农业发展阶段的一种反馈, 反映了农业生产活动中投入到耕地上的各种资源配置的合理性。随着城镇化与经济社会的快速发展, 农业劳动力流失、耕地利用粗放/过度集约、耕地质量退化等严峻问题相继出现, 严重影响了农业可持续发展。因此, 在我国经济社会转型、耕地资源日益紧缺的背景下, 研究耕地利用效率的时空演变特征, 鉴别其主要影响因素, 对实施耕地保护战略、保障国家粮食安全与资源有效供给、推进农业现代化、助力乡村振兴, 具有重要的理论意义和现实价值。

目前, 不少学者从不同角度对耕地利用效率进行了诸多研究。如有的学者<sup>[3-7]</sup>分别以全国和省级行政区为研究区, 探究全国范围内以及省际耕地利用效率及其空间差异。在研究内容上, 集中于耕地利用效率评价<sup>[8]</sup>、区域差异<sup>[9]</sup>、收敛性研究<sup>[10]</sup>等领域; 在研究方法上, 多采用DEA模型评价法, 如王海力等<sup>[11]</sup>、李俏等<sup>[12]</sup>、何登等<sup>[13]</sup>、陈晨等<sup>[14]</sup>等采用DEA模型测算了不同研究区的耕地利用效率; 也有学者将DEA模型与其他评价方法如SBM模型<sup>[15]</sup>和统计分析法<sup>[16]</sup>等相结合进行耕地利用效率测算, 如刘玉海等<sup>[17]</sup>采用SBM-

收稿日期: 2019-07-03; 修订日期: 2020-01-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(41971238); 河南省哲学社会科学项目(2019BJJ040); 河南省科技攻关项目(182102110073); 河南省教育厅人文社科项目(2020-ZZJH-189)

作者简介: 冀正欣(1997-), 女, 河南南阳人, 硕士, 主要从事土地利用与评价研究。

E-mail: jizhengxin1997@163.com

通讯作者: 王秀丽(1983-), 女, 河南焦作人, 博士, 讲师, 主要从事土地利用与可持续发展研究。

E-mail: wangxiuli0614@163.com

DEA模型、张荣天等<sup>[18]</sup>基于DEA-ESDA模型研究了研究区的耕地生产率与耕地利用效率;在对耕地利用效率影响因素研究中,常用的方法有地理加权回归模型(GWR)<sup>[8]</sup>、Tobit模型<sup>[19]</sup>、灰色关联法<sup>[20]</sup>等。其中,GWR模型是用回归原理研究区域多个变量之间的数量关系,并将局部特征作为权重进行数据处理,在分析影响因素时更具优越性。纵观以往研究可见,目前耕地利用效率研究多集中在全国和省域宏观尺度,而对市县级中微观尺度以及典型地貌区域的耕地利用效率研究较为薄弱。

典型地貌区域如高原、盆地、丘陵区等,由于具有特殊的自然本底条件和社会经济环境,在城镇化、工业化快速发展过程中,人地交互关系趋于复杂,耕地利用方式发生显著变化,耕地利用效率呈现出不同的发展特征和规律。加强特殊地貌区域耕地利用效率研究不仅可以补充耕地利用效率在典型地貌区尚未开展研究的空缺,还能为区域耕地效率的提高、耕地保护战略和政策的制定提供理论和技术参考。南阳盆地地处种稻区与种粟区南北之间的交叉过渡地带,特定的地理环境导致农业种植结构具有南北两类特点共存的特征。东西地势上又位于我国“第二台阶”与“第三台阶”的交汇处,第二台阶即除青藏高原(第一台阶)之外的高原与山地地区,而第三台阶则主要是东部的平原地区,山地、丘陵、平原等多种地貌共存使得区域耕地利用方式差异显著。南阳盆地的主要腹地南阳市又是我国重要的粮、棉、油、烟集中生产基地,是国家粮食战略工程河南三大核心区之一,素有“中州粮仓”之称。近年来,南阳市被定位为豫鄂陕川省际重要区域中心城市,区域经济发展迅速,农村人口流动加剧,致使传统耕作方式发生变迁,亟需加强其耕地利用效率的研究,以期实现区域耕地资源的合理配置和耕地生产潜力的充分挖掘,保障区域粮食安全和经济社会的可持续发展。因此,在既有研究的基础上,本文以南阳盆地区为研究区,采用DEA-GWR模型,定量测算研究区内2000年、2010年、2016年耕地利用效率,系统分析其时空演变过程及其空间异质性特征,查明耕地利用效率演变的主导影响因素,以为区域制定耕地保护和农业可持续发展提供决策依据和参考。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 研究区概况

南阳盆地即南阳市,地处豫西南部,西傍陕西,南衔湖北,东部与信阳、驻马店接壤,北部和洛阳、平顶山等地区交界,北部、西部、东部三面群山环绕,中部为向南开口的马蹄形盆地,为河南省面积最大、人口最多的地区,辖10县2区。截至2016年底,地区总面积2.6万km<sup>2</sup>,山区、丘陵、平原面积各占约1/3。耕地面积99.6万km<sup>2</sup>,且多为旱地和水浇地,其中旱地主要分布在唐河、社旗、方城等地,水浇地则主要集中于新野、淅川等地。区域土壤类型以黄棕壤和砂姜黑土为主,分别占区域面积的38.1%和29.2%。地区常住人口863.40万人,其中农业劳动力273.11万人。南阳盆地是国家南水北调中线工程的渠首所在地和核心水源地,其储水量、人均水量及亩均水量均居河南省第一,加之处于南北气候过渡带,土壤类型多样,素有“中州粮仓”之称,是全国粮、棉、油、烟集中生产基地,其中6个县(区)为国家商品粮、棉基地,3个县(区)是国家优质棉基地,对保障中原粮食生产有重大贡献。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 数据包络分析法

数据包络分析(DEA)是一种评价多输入、多输出的决策单元之间相对有效性的非

参数统计方法, 利用线性规划构建目标的生产前沿面, 通过投影将所有决策单元(DMU)投射到DEA的生产前沿面上, 以其偏离生产前沿面的程度确定其相对有效性<sup>[21,22]</sup>。测算过程中无需预估参数, 能充分反映DMU的特点, 目前已广泛应用于企业管理<sup>[23]</sup>、环境治理<sup>[24]</sup>、水资源利用<sup>[25]</sup>和农林发展<sup>[5,26]</sup>等多个行业的效率研究中。

DEA模型主要包括CCR模型(规模收益不变)和BCC模型(规模收益可变)两种类型, 两者的区别在于规模报酬假设的前提是否可变。CCR模型基于规模报酬不变的假设运用现有技术对投入要素实现最大产出, 测度的是综合技术效率(TE)和投入、输出松弛变量( $S^+$ 、 $S^-$ )<sup>[27]</sup>。BCC模型基于规模报酬可变的假设下拓宽了CCR模型的适用范围, 将TE分解为纯技术效率(PTE)和规模效率(SE)<sup>[28]</sup>。耕地的TE是对耕地利用投入和产出指标的相对量算, 也即单位面积耕地投入与其物质产出和有效成果的衡量。耕地PTE反映的是耕地所有的资源投入要素在一定生产水平下是否充分发挥其潜能。耕地SE则测算在农业生产过程中耕地利用的投入规模是否达到农业产出最大化的要求。耕地利用综合效率等于其纯技术效率值与规模效率值的乘积, 也即 $TE=PTE \times SE$ 。

$$\begin{array}{ll}
 \min \alpha & \min \beta \\
 \text{s.t.} \sum_{i=1}^n \lambda_i X_i \leq \alpha X_k & \text{s.t.} \sum_{i=1}^n \lambda_i X_i + S^- \leq \beta X_k \\
 \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_i \geq Y_k & \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_i - S^+ \geq Y_k \\
 \lambda_i \geq 0 \ (i=1, 2, \dots, n) & \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \\
 & \lambda_i \geq 0 \ (i=1, 2, \dots, n)
 \end{array} \quad (1)$$

(CCR模型)                      (BCC模型)

式中:  $X_i$ 、 $Y_i$ 分别代表第*i*种指标的投入量、产出量;  $\alpha$ 、 $\beta$ 代表DMU的相对效率值, 范围在0~1之间;  $\lambda_i$ 表示各县(区)的权重变量; *i*表示评价单元数量(个), 即研究区中有*i*个行政县级行政单元(DMU);  $X_k$ 、 $Y_k$ 代表第*k*个决策单元的投入、产出变量;  $S^+$ 、 $S^-$ 分别为输入、输出松弛变量<sup>[1]</sup>。研究对象效率值的范围在0~1之间, 越接近1说明其有效性越高。考虑到农业生产过程中规模报酬可变的实际情况, 且BCC模型能够分析技术效率和规模效率对DMU综合效率产生影响的方向和程度, 可以全面地反映耕地多功能性的特点<sup>[29]</sup>, 结合前人研究成果<sup>[30,31]</sup>, 本文采用投入导向型的DEA-BCC模型对南阳盆地的耕地利用效率进行分析。

### 1.2.2 $G_i^*$ 指数分析

为研究南阳盆地各县(区)耕地效率的时空演变特征, 本文采用趋势面分析整个区域的综合效率进行空间差异特征描述; 在此基础上借助热点分析指数<sup>[32]</sup>, 测算不同空间的热点区和冷点区, 分析其局部空间的异质特征。 $G_i^*$ 指数测算公式如下:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} \times X_j}{\sum_{i=1}^n X_i} \quad (2)$$

式中:  $W_{ij}$ 为空间权重矩阵;  $X_j$ 是研究单元*j*的地理属性观测值。如果 $G_i^*$ 指数结果显著为正, 则表明*i*周围的值高于均值, 属于热点区; 如果 $G_i^*$ 指数结果显著为负, 则表明*i*周围的值低于均值, 属于冷点区。

1.2.3 地理加权回归模型

GWR模型通过回归原理估计不同区域的影响程度，反映参数在不同区域下的空间非平稳性，使变量之间的关系随空间位置变化而变化<sup>[32]</sup>，结果能够清晰反映研究对象的实际情况。该模型克服了传统线性回归模型（OLS）在全局及平均估计过程中由于自变量存在空间自相关性而导致数据的估算偏差问题。因此，本文采用ArcGIS 10.2软件平台中的地理加权分析工具GWR，选定解释变量，对2000年、2010年、2016年南阳盆地12个县（区）的数据建立模型，分析南阳盆地各县（区）耕地利用综合效率的影响因素。

1.2.4 指标体系构建

构建有效的投入、产出指标体系是合理准确分析其耕地效率的前提。与耕地生产率衡量耕地投入与产出的比例关系不同<sup>[33,34]</sup>，耕地利用效率是度量农业生产过程中耕地资源投入要素既定的条件下，耕地的实际产出达到潜在产出的程度，反映耕地投入要素之间配置的合理性及耕地资源价值产出的实现程度<sup>[30,31]</sup>。因此，本文在总结当前耕地利用效率文献的基础上<sup>[35-37]</sup>，遵循代表性、量化性、可获取性原则，从土地、劳动力、资本三个方面选取投入、产出指标。耕地是进行农业生产的基础要素，考虑到复种指数的影响，故采用农作物总播种面积；劳动力是在劳动过程中人类改善生活资料的关键能力，为确保数据之间的可比性，选用农业从业人数；资本是提高耕地产能的重要因素，为降低各投入资本要素之间的相关性，保证测算结果的准确性，仅选取农业机械总动力和化肥施用量。粮食总产量可以直接反映出耕地的种植现状，农业产值（除林、牧、渔）则可以折射区域农业发展情况。具体见表1。

1.3 数据来源

数据主要包括农作物播种面积、农业从业人员、有效灌溉面积、农业机械总动力、化肥使用量等五项投入指标，粮食总产量、农业生产总值等两项产出指标，以及有关环境变量的区域经济发展水平、自然条件、耕地资源禀赋和地形条件等指标，并对行政边界调整区域的数据进行处理，确保结果的可比性；主要来源于《中国县域经济统计年鉴—乡镇卷》（2000—2017年）、《河南粮食年鉴》（2000—2017年）、《南阳市统计年鉴》（2001年、2011年、2017年）。

2 结果分析

2.1 耕地利用效率的测算与时间差异分析

根据2000年、2010年、2016年南阳盆地各县（区）的耕地利用数据，借助Deap 2.1平台，对其投入产出指标数据进行处理，分别测算三个时期南阳盆地各县（区）的综合效率、纯技术效率以及规模效率。具体结果见表2、表3、表4。

从各县（区）的综合效率来看，三个时期综合效率始终为1的仅有唐河县，说明该县投入要素在利用过程中是充分有效的，耕地利用效率达到前沿面的最佳状况，技术、

表1 耕地利用效率投入—产出指标体系  
Table 1 The input and output indicator system of cultivated land utilization efficiency

指标属性	变量	指标名称	评价类型
投入指标	$X_1$	农作物总播种面积/hm <sup>2</sup>	土地投入
	$X_2$	农业从业人数/人	劳动力投入
	$X_3$	有效灌溉面积/hm <sup>2</sup>	资本投入
	$X_4$	农业机械总动力/万kW	资本投入
	$X_5$	化肥施用量/kg	资本投入
产出指标	$Y_1$	粮食总产量/kg	产出效益
	$Y_2$	农业产值/万	产出效益



规模及资源配置实现最优化。综合效率下降的县（区）有4个，分别是宛城区、南召县、镇平县和桐柏县。其中，宛城区和桐柏县耕地利用综合效率下降最为剧烈，分别由2000年的0.958、1.000下降至2016年的0.571、0.692，这表明至2016年宛城区和桐柏县分别有42.9%、30.8%的投入是无效或低效的，需优化既有的投入要素，提高耕地产出能力。综合效率上升的县（区）有7个，分别是卧龙区、方城县、西峡县、淅川县、社旗县、新野县。其中，西峡县耕地利用综合效率增幅最为显著，由2000年的0.521上升至2016年的1.000，这表明，至2016年西峡县的生产规模及资源配置达到了实现产出最大化的要求。整体来看，2000—2016年南阳盆地各时期耕地利用综合效率的均值明显增加，至2016年均值达到0.844，这表明最佳投入达到实际投入的84.4%、保持产出不变的前提下，投入只有减少15.6%耕地才能实现最优化利用。

从各县（区）的纯技术效率来看，三个时期纯技术效率始终为1的县有3个，分别为南召县、镇平县、唐河县，说明这些县注重农业生产技术投入，纯技术效率位于DEA有效区间；纯技术效率下降的是宛城区和桐柏县，证明这两个县（区）资源投入存在冗余情况，产出效益偏低。其中，宛城区纯技术效率下降尤为明显，由2000年的0.992下降至2016年的0.624，说明宛城区即使在当前的投入量上减少37.6%，产出量是不变的，也即这37.6%的投入量是无效或低效的；纯技术效率上升的有7个县（区），分别是卧龙区、方城县、西峡县、内乡县、淅川县、社旗县和新野县。其中，西峡县、内乡县和社旗县在2010年纯技术效率提升至1，说明这3个县有效改善投入要素的配置，生产水平较为先进，而其他几个县（区）纯技术效率虽得到比较充分的发挥，但仍有提升到最优状况的潜力。总体来看，南阳盆地纯技术效率均值在2000年、2010年、2016年分别为0.867、0.924、0.891，整体数值略有上升，说明经济发展使得技

表2 南阳盆地各县（区）耕地利用综合效率  
Table 2 The comprehensive utilization efficiency of cultivated land of each county in Nanyang Basin

DMU	2000年	2010年	2016年
宛城区	0.958	0.734	0.571
卧龙区	0.746	0.697	0.868
南召县	1.000	0.995	0.912
方城县	0.680	0.741	0.778
西峡县	0.521	1.000	1.000
镇平县	0.979	1.000	0.952
内乡县	0.818	0.784	0.908
淅川县	0.657	0.664	0.855
社旗县	0.947	1.000	1.000
唐河县	1.000	1.000	1.000
新野县	0.496	0.644	0.594
桐柏县	1.000	0.642	0.692
均值	0.817	0.825	0.844

表3 南阳盆地各县（区）耕地利用纯技术效率  
Table 3 The pure technical efficiency of cultivated land utilization of each county in Nanyang Basin

DMU	2000年	2010年	2016年
宛城区	0.992	0.900	0.624
卧龙区	0.749	0.840	0.880
南召县	1.000	1.000	1.000
方城县	0.699	0.747	0.784
西峡县	0.957	1.000	1.000
镇平县	1.000	1.000	1.000
内乡县	0.821	1.000	1.000
淅川县	0.659	0.832	0.865
社旗县	0.966	1.000	1.000
唐河县	1.000	1.000	1.000
新野县	0.560	0.632	0.632
桐柏县	1.000	0.909	0.909
均值	0.867	0.924	0.891

术投入增加，但过度投入而不优化要素配置导致产出效益降低。

从各县（区）的规模效率来看，三个时期规模效率始终为1的是唐河县，说明该县耕地利用一直处于规模最佳阶段，规模效益最优。规模效率下降的有7个县（区），分别为宛城区、卧龙区、南召县、镇平县、内乡县、淅川县、桐柏县。其中，桐柏县规模效率下降趋势显著，由2000年的1.000下降至2016年的0.761，说明该县经营管理模式落后，规模化集约经营程度较低。其他6个县（区）规模效率虽有下降，但变化幅度不大，可注重规模要素投入，提高农业产出效率。规模效率上升的有4个县，分别为方城县、西峡县、社旗县、新野县。其中西峡县规模效率提升极其明显，由2000年的0.545提升至2010年和2016年的1.000，说明西峡县通过扩大经营规模实现规模效率最优化。其他3个县规模效率虽有提升，但尚未达到产出最优化所要求的规模，需要扩大农业经营规模以达到提升效率的目的。整体来看，规模效率的均值虽有波动，但变化并不明显，耕地资源利用规模管理和规划需进一步改进。

通过对比表2~表4，可以看出：综合效率的提高是其纯技术效率和规模效率共同提升的结果，宛城区、卧龙区、方城县、内乡县和淅川县耕地利用技术效率的提升高于规模效率，需改善经营管理模式，注重耕地的规模投入，充分发挥规模效益。西峡县、镇平县和桐柏县耕地利用规模效率的提升大于纯技术效率，应注重现代农业技术的投入，降低不必要的冗余和浪费，提高耕地产出。其他县（区）的纯技术效率和规模效率都需改进。

2.2 耕地利用效率的空间特征格局分析

通过ArcGIS 10.2软件平台的地统计分析工具，从整体插值角度对离散的耕地综合效率数据进行趋势渐变特征分析，以确定其分布规律及发展趋向。如图1所示，以各个县（区）的耕地利用综合效率值作为研究基础，分别选取各县（区）2000年、2010年、2016年的耕地利用综合效率值当作因变量Z，以X轴箭头方向为东，表示纬度，Y轴箭头方向为北，表示经度。整体来看，南阳盆地耕地利用综合效率呈现出明显的区域分异规律，从西到东先直线递增，再倒“U”型变化，又直线递减的分布态势，由南向北从倒“U”型下降到直线上升态势。即南阳盆地耕地利用综合效率高值区从东南部向中部及西北部转变，其耕地利用技术效率空间差异较为明显，整体效率尚有提升空间。

地统计分析中的趋势面分析是从全局角度探究南阳盆地各县（区）耕地利用综合效率的空间分异规律，而空间统计模块中的热点分析则从局部视角进一步研究其局部空间格局的演化。借助ArcGIS 10.2平台计算出2000年、2010年、2016年南阳盆地各县（区）综合效率值的局部 $G_i^*$ 指数，采用自然断点法将其分为热点、次热点、次冷点和冷点4个区间，结果如图2所示。可以看出，南阳盆地各县（区）耕地利用效率空间分异格

表4 南阳盆地各县（区）耕地利用规模效率  
Table 4 The scale efficiency of cultivated land utilization of each county in Nanyang Basin

DMU	2000年	2010年	2016年
宛城区	0.965	0.815	0.915
卧龙区	0.996	0.829	0.986
南召县	1.000	0.995	0.912
方城县	0.973	0.993	0.993
西峡县	0.545	1.000	1.000
镇平县	0.979	1.000	0.952
内乡县	0.997	0.784	0.908
淅川县	0.997	0.798	0.988
社旗县	0.980	1.000	1.000
唐河县	1.000	1.000	1.000
新野县	0.886	0.839	0.941
桐柏县	1.000	0.642	0.761
均值	0.943	0.891	0.946

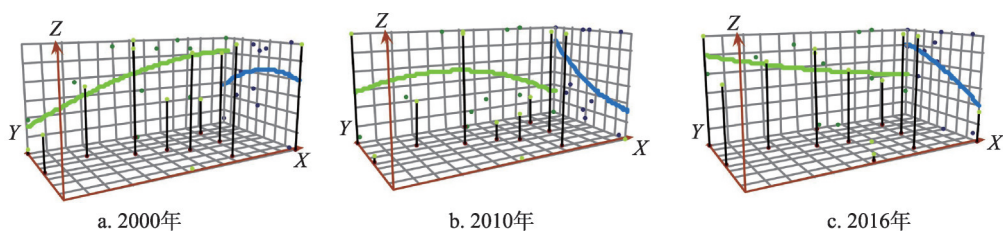


图1 南阳盆地耕地利用综合效率趋势面

Fig. 1 Trend surface of comprehensive efficiency of cultivated land utilization in Nanyang Basin

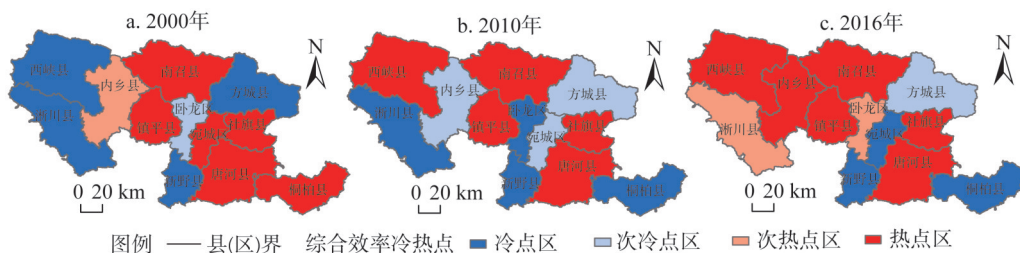


图2 南阳盆地耕地利用综合效率冷热点分布

Fig. 2 Cold and hot spots distribution of comprehensive efficiency of cultivated land utilization in Nanyang Basin

局显著, 出现相对高值(低值)区域组团集聚分布态势, 冷热点空间极化现象明显, 且随着时间变化, 冷热点的组团区域逐渐转移。具体而言, 2000年, 综合效率热点区域出现“两核集聚”的分布态势, 一个位于南阳中部, 由南召县、镇平县组成, 另一个则位于南阳的东南部地区, 由宛城(区)、社旗县、唐河县、桐柏四县组成; 冷点区域则集中于北部的西峡县、淅川县, 形成了耕地利用效率的低值集聚区。2010年, 综合效率热点区域呈现“三核极化”的分布态势, 其中两处极核与2000年相比无较大变动, 而位于西北部的西峡县由2000年的冷点转变为2010年的热点区域; 冷点区则分散在南阳盆地的南部区域。2016年, 综合效率热点区涵盖范围有所扩展, 北部出现集中连片分布格局; 冷点区区域缩小, 在西南部与热点区交替分布。

### 2.3 耕地利用效率影响因素分析

耕地利用效率除了受土地、劳动、资本等三方面投入因素的影响外, 还受到区域经济发展水平、自然条件、耕地资源禀赋和地形条件等外围环境变量的影响。为尽可能全面地反映区域耕地利用效率变化的驱动因素, 本文在耕地利用效率评价体系的基础上, 综合考虑已有研究成果<sup>[38-40]</sup>、南阳盆地耕地利用现状及相关数据的可获取性, 加入表征区域经济发展水平、自然条件、耕地资源禀赋和地形条件的指标作为其解释变量。其中, 将农村居民人均可支配收入和城市化水平作为表征区域经济发展水平的指标, 将复种指数作为表征区域自然条件的指标, 将人均耕地作为表征区域耕地资源禀赋的指标, 将平耕地与坡耕地之比作为表征地形条件的指标。以DEA测算的三个时期南阳盆地12个县(区)耕地利用综合效率为其因变量, 对各项数据进行归一化处理后, 使用ArcGIS 10.2软件平台中的地理加权分析工具, 估算不同因素对其综合效率的影响贡献均值, 其估计结果如表5所示:

GWR模型在2000年、2010年和2016年因变量的拟合优度分别为0.723、0.707、

表5 GWR模型的估计贡献值  
Table 5 Estimated contribution of the GWR model

变量	2000年	2010年	2016年
Cond	24.049~24.263	14.18~14.20	18.45~18.86
农业劳动力	(0.730~0.946) 0.822	(0.491~0.582) 0.538	(0.309~0.369) 0.326
化肥施用量	(0.212~0.299) 0.255	(-0.173~-0.056) -0.149	(-0.277~-0.192) -0.235
农业机械总动力	(0.246~0.459) 0.335	(0.118~0.352) 0.236	(-0.397~-0.198) -0.274
农村居民人均可支配收入	(0.014~0.219) 0.172	(0.082~0.256) 0.120	(0.072~0.095) 0.086
城市化水平	(-0.155~-0.036) -0.084	(-0.527~-0.209) -0.392	(-0.438~-0.006) -0.117
复种指数	(0.142~0.518) 0.356	(0.229~0.694) 0.372	(0.197~0.628) 0.314
人均耕地	(-0.077~0.401) 0.196	(0.203~0.226) 0.219	(0.217~0.331) 0.276
地形条件	(0.055~0.310) 0.192	(0.206~0.237) 0.214	(0.194~0.228) 0.210
Bandwidth	21.515	22.275	22.275
Residual Squares	0.112	0.081	0.025
Effective Number	10.554	8.009	9.008
Sigma	0.278	0.142	0.092
AICc	68.967	82.364	201.031
R <sup>2</sup>	0.723	0.707	0.903
Adjusted R <sup>2</sup>	1.106	0.194	0.643

注：括号内的数字表示各影响因素的范围，括号下的数字表示各影响因素回归系数的均值。

0.903，表明所选因素是耕地利用综合效率总变异的71%~90%，模型的拟合优度较高，也间接反映这些因素对南阳盆地耕地利用综合效率的影响程度较大。从各因素输出系数三个时期的均值可以看出，对耕地利用综合效率影响程度由大到小依次为农业劳动力、复种指数、农业机械总动力、化肥施用量、人均耕地、地形条件、农村居民人均可支配收入、城市化水平。

2.3.1 农业劳动力对耕地利用综合效率的影响

农业劳动力对耕地利用综合效率的影响呈正相关，且在各个影响因素中普遍最高。其回归系数均值分别为0.822、0.538、0.326，说明劳动力因素对南阳盆地耕地利用综合效率的影响贡献最大，也即从事农业生产的劳动力越多的地区，耕地利用综合效率就越高。这主要是因为南阳盆地以精耕细作的小农生产为主，农业劳动力数量直接影响耕地产出率，但南阳盆地区的农业劳动力数量由2000年的454.42万人下降至2016年的247.52万人，这说明随着时间的推移，农业劳动力对综合效率值的影响程度逐渐减弱，影响其效率值的因素呈多元化发展趋势。

2.3.2 自然条件对耕地利用综合效率的影响

复种指数对耕地利用综合效率的影响呈正相关。复种指数是全年农作物总播种面积与其耕地面积之比，反映复种程度的高低，用来比较不同年份和不同地区之间的耕地利



用状况。与其他因素相比,复种指数对耕地利用综合效率的影响位居第二,在2000年、2010年和2016年的回归系数均值分别为0.356、0.372、0.314。耕地利用综合效率较高的地区主要集中于社旗县和唐河县,其复种指数分别为1.99和1.98。耕地利用综合效率较低的地区分布在新野县和方城县,其复种指数分别为1.70和1.76。整体来看,南阳盆地各县区的复种指数均在1.5~2.0之间,可根据区域自然和经济社会情况,因地制宜地扩大作物播种面积,在一定限度内提高复种指数,挖掘耕地利用潜力,提高耕地利用综合效率。

### 2.3.3 农业生产条件对耕地利用综合效率的影响

农业机械总动力和化肥施用量对耕地利用综合效率的影响都从正相关变为负相关,两个因素在三个时期的回归系数均值分别为0.335、0.236、-0.274和0.255、-0.149、-0.235。农业机械总动力可以反映区域的农业机械化水平,但并不是农业机械投入越多,耕地利用综合效率值就越高。当农业机械投入达到一定水平后,对耕地利用综合效率的影响是负相关关系,这归因于农业现代化的发展改变了传统的农业生产方式,使得耕地利用综合效率得到初步提升。但南阳盆地的地形特征制约了机械化和规模化的进一步发展;南阳盆地的化肥实际施用量从2000年的45.32万t上升至2016年的71.47万t,导致化肥施用量在2010年和2016年对耕地利用综合效率的影响变为负相关,这说明该地区施肥量投入较多,需采取减量增效措施。

### 2.3.4 耕地资源禀赋对耕地利用综合效率的影响

本文中的人均耕地是区域耕地总面积与农业劳动力之间的比值,反映区域耕地资源禀赋的差异,对耕地利用综合效率具有正相关作用,在三个时期的回归系数均值分别为0.196、0.219、0.276,且对耕地利用综合效率的影响逐渐增强。南阳盆地农业劳动力的人均耕地由2000年的2.79亩提高至2010年的5.57亩,人均耕地面积的增加推动农业规模化集约经营,提高耕地产出水平,促使耕地利用综合效率的提高,这也说明引导农村土地流转、鼓励耕地规模化和集约化经营的必要性。

### 2.3.5 地形条件对耕地利用综合效率的影响

南阳盆地有将近2/3的山地丘陵区,本文将坡度在6°以下的耕地归为平耕地,将坡度在6°~25°的耕地归为坡耕地,以平耕地与坡耕地的比值来反映地形条件。经模型测算得出,地形条件对耕地利用综合效率的影响呈正相关,在2000年、2010年和2016年的回归系数均值为0.192、0.214和0.210,说明地形条件对耕地利用综合效率的影响相对稳定,但作用大小存在空间差异。如淅川县和南召县平耕地与坡耕地之比在三个时期的均值分别为1.56和1.63,而社旗县和唐河县平耕地与坡耕地之比在三个时期的均值分别为11.57和10.15,其平耕地与坡耕地的比值与耕地利用综合效率值在空间分布上表现高度的吻合性。社旗县和唐河县等均位于盆地内部的平原地带,耕地多为平耕地,随着投入量的逐年增多和大规模集约化经营的开展,纯技术效率和规模效率均有提升,成就了高效率的耕地利用。而淅川县和南召县均位于南阳盆地的边缘,耕地资源禀赋较差,耕地多属坡耕地,地块窄小且经营分散,在投入量达到一定程度时势必引起规模效率的下降,从而导致耕地利用综合效率的下降。这也说明地形条件的区域差异使得耕地利用表现出空间异质性,从而影响着耕地利用综合效率的空间分布。

### 2.3.6 经济发展水平对耕地利用综合效率的影响

城市化水平和农村居民人均可支配收入均是表征区域经济发展水平的指标。农村居

民人均可支配收入对耕地利用综合效率的影响始终为正相关,三个时期的回归系数均值分别为0.172、0.120、0.046,但农村居民人均可支配收入对耕地利用综合效率的影响在逐渐减弱。南阳盆地农村居民人均可支配收入由2000年的1861.67元上升至2016年的11670.25元。早些年间农民的主体收入来源于农业,生计方式单一,人均可支配收入较低,对耕地实行精耕细作的经营模式,但随着社会经济的发展,农村居民人均可支配收入不断提高,生计形式逐步多元化,不再依赖于农业生产的农民减少了对耕地的要素投入,从而降低了对耕地利用综合效率的影响;城市化水平对耕地利用综合效率的影响为负相关,三个时期的回归系数均值分别为-0.084、-0.392、-0.117,即城市化水平的提高使得耕地利用综合效率下降。南阳盆地的城市化水平从2000年的15.32%提升至2016年的45.08%,城市化水平的提高促使大量农业劳动力转移到非农业生产中,而农业劳动力的不断流失导致耕地利用综合效率的降低。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

本文基于2000年、2010年、2016年的相关数据,运用DEA模型测度南阳盆地各县(区)耕地利用效率,通过趋势面分析、 $G_i^*$ 指数空间统计模型从全局和局部角度分析耕地利用综合效率的时空演变特征,最后借助GWR模型探讨影响南阳盆地耕地利用效率空间分异的主要因素,得出如下结论:

(1) 2000年、2010年和2016年耕地利用综合效率整体呈上升趋势,均值分别为0.817、0.825、0.844,说明综合效率得到了充分的发挥,但仍有提升空间;综合效率受纯技术效率和规模效率的共同作用,2000年和2016年规模效率对综合效率的影响更大,而2010年纯技术效率则对综合效率更具影响;三个时期耕地利用综合效率达到DEA最优的县(区)占比分别为25%、33%、25%。同时,纯技术效率和规模效率的高值区都在不断扩大。

(2) 南阳盆地各县(区)耕地利用综合效率时空分异显著。从全局视角看,三个时期耕地利用综合效率高值区从东南部向中部及西北部转变,呈现出明显的地域分异规律;从局部视角来看,相对高值(低值)耕地利用综合效率在空间上呈现出较强的组团式集聚,热点多核极化现象明显,范围持续扩大,其中南召县、镇平县、社旗县、唐河县在三个时期均保持高值状态。冷点区多在南阳中部和南部与热点区交替分布,范围则不断收缩,仅有新野在三个时期一直处于低值状态。

(3) 本文所选择的8个因素对南阳盆地各县(区)耕地利用综合效率都具有影响,但其影响程度和方向不同。农业劳动力、农村居民人均可支配收入、复种指数和人均耕地对耕地利用综合效率具有正向影响,化肥施用量和农业机械总动力对耕地利用综合效率的影响由正转负,城镇化水平一直对耕地利用综合效率具有负向影响。影响程度的绝对值由大到小依次为农业劳动力、复种指数、农业机械总动力、化肥施用量、人均耕地、地形条件、农村居民人均可支配收入、城市化水平。

#### 3.2 讨论

本文以县(区)为基本单元,对南阳盆地不同时期的耕地利用效率状况进行了实证研究,能宏观地刻画区域耕地利用效率的时空演变特征,对区域未来耕地资源高效利用

和决策提供了详细的科学参考。从研究结果来看,南阳盆地耕地利用效率在时间上总体呈上升趋势,而在空间上呈高值区逐渐扩大趋势,这一结论与王良健等<sup>[4]</sup>、张荣天等<sup>[5]</sup>的研究相符。此外与姚冠荣等<sup>[38]</sup>、卢新海等<sup>[40]</sup>的研究相比,通过对耕地利用效率影响因素的探究,发现农业劳动力对南阳盆地耕地利用效率的影响最为显著。可见,不同地区耕地利用效率的主导影响因素不同。一定时期内,耕地利用效率会随着劳动力的增加呈上升趋势,但随着技术、机械化水平提高到一定水平时,农业劳动力的增加对耕地利用效率的影响呈下降趋势。在南阳盆地,对于平地来说,随着投入量的逐年增多和大规模集约化经营的开展,无论技术还是规模效率均会提升耕地的综合利用效率;但对坡地来说,投入量增加短期内会提高耕地利用效率,由于耕作条件和规模的限制,在达到一定量时,再持续增加投入就会造成耕地利用效率的下降,这个量即门槛值随不同地区而不同,这将是下一步研究的重点。此外,本文尚存一定不足之处,如在数据选取和评价单元上,仅采用统计数据以县(区)级行政单元进行了耕地利用效率的测算与分析,更详细的研究将通过综合集成统计、农户调查、遥感等多源数据,以地块为单元,进行耕地利用效率的监测和模拟,为农业生产提供更准确的科学参考;在机制分析上,农户价值观、政策管理及农作物的品种改良等要素对耕地利用效率也具有一定影响,如何全面及有效地度量影响耕地利用效率的因素,探究这些因素之间的相互作用机理,有待在后续研究中深化。

### 参考文献(References):

- [1] 谢花林,张道贝,王伟,等. 鄱阳湖生态经济区耕地利用效率时空差异及其影响因素分析. 水土保持研究, 2016, 23(5): 214-221. [XIE H L, ZHANG D B, WANG W, et al. Analysis of cultivated land use efficiency and its influencing factors for Poyang Lake Ecological Economic Zone. Research of Soil and Water Conservation, 2016, 23(5): 214-221.]
- [2] 匡丽花,叶英聪,赵小敏,等. 基于改进TOPSIS方法的耕地系统安全评价及障碍因子诊断. 自然资源学报, 2018, 33(9): 1627-1641. [KUANG L H, YE Y C, ZHAO X M, et al. Evaluation and obstacle factor diagnosis of cultivated land system security in Yingtan city based on the improved TOPSIS method. Journal of Natural Resources, 2018, 33(9): 1627-1641.]
- [3] 封永刚,彭珏,邓宗兵,等. 面源污染、碳排放双重视角下中国耕地利用效率的时空分异. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(8): 18-25. [FENG Y G, PENG Y, DENG Z B, et al. Spatial-temporal variation of cultivated land's utilization efficiency in China based on the dual perspective of non-point source pollution and carbon emission. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(8): 18-25.]
- [4] 王良健,李辉. 中国耕地利用效率及其影响因素的区域差异: 基于281个市的面板数据与随机前沿生产函数方法. 地理研究, 2014, 33(11): 1995-2004. [WANG L J, LI H. Cultivated land use efficiency and the regional characteristics of its influencing factors in China: By using a panel data of 281 prefectural cities and the stochastic frontier production function. Geographical Research, 2014, 33(11): 1995-2004.]
- [5] 张荣天,焦华富. 中国省际耕地利用效率时空格局分异与机制分析. 农业工程学报, 2015, 31(2): 277-287. [ZHANG R T, JIAO H F. Spatial-temporal pattern differentiation and its mechanism analysis of using efficiency for provincial cultivated land in China. Transactions of the CSAE, 2015, 31(2): 277-287.]
- [6] 单玉红,朱枫,柯新利. 湖北省耕地利用效率时空分异及农业劳动力的差别化调控. 应用科学学报, 2015, 33(4): 419-428. [SHAN Y H, ZHU F, KE X L. Spatial and temporal variability in efficiency of arable land usage and differentiated regulation of agricultural workforce in Hubei province. Journal of Applied Sciences, 2015, 33(4): 419-428.]
- [7] 匡兵,卢新海,韩璟,等. 考虑碳排放的粮食主产区耕地利用效率区域差异与变化. 农业工程学报, 2018, 34(11): 1-8. [KUANG B, LU X H, HAN J, et al. Regional differences and dynamic evolution of cultivated land use efficiency in major grain producing areas in low carbon perspective. Transactions of the CSAE, 2018, 34(11): 1-8.]
- [8] 刘春腊,王鹏,徐美,等. 湘西多民族山区耕地利用效率空间差异分析. 冰川冻土, 2013, 35(5): 1308-1318. [LIU C L,

- WANG P, XU M, et al. Spatial difference analysis of the cultivated land utilization efficiency in the minority nationalities mountain areas in West Hunan. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2013, 35(5): 1308-1318.]
- [9] 栾敬东, 焦丽娟, 朱乾隆. 耕地利用效率时空差异及影响因素研究: 基于乡村振兴战略. 山西农业大学学报: 社会科学版, 2018, 17(6): 45-53. [LUAN J D, JIAO L J, ZHU Q L. Study on the spatio-temporal differences and impact factors of cultivated land use efficiency: Based on the strategy of rural rejuvenation. *Journal of Shanxi Agricultural University: Social Science Edition*, 2018, 17(6): 45-53.]
- [10] 叶浩, 濮励杰. 我国耕地利用效率的区域差异及其收敛性研究. 自然资源学报, 2011, 26(9): 1467-1474. [YE H, PU L J. Study on the cultivated land use efficiency between different regions of China and its convergence. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(9): 1467-1474.]
- [11] 王海力, 韩光中, 谢贤健. 基于DEA模型的西南地区耕地利用效率时空格局演变及影响因素分析. 长江流域资源与环境, 2018, 27(12): 2784-2795. [WANG H L, HAN G Z, XIE X J. Spatiotemporal pattern evolvement based on the DEA model and its driving factors of arable land utilization efficiency of the southwest region in China. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2018, 27(12): 2784-2795.]
- [12] 李俏, 谷国锋, 姚丽, 等. 黑龙江垦区耕地利用效率变化分析. 干旱区资源与环境, 2016, 30(4): 30-35. [LI Q, GU G F, YAO L, et al. The changes of cultivated land use efficiency in Heilongjiang land reclamation area. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016, 30(4): 30-35.]
- [13] 何登, 杨如军, 詹长根. 基于DEA模型的耕地利用效率评价. 江苏农业科学, 2018, 46(4): 327-330. [HE D, YANG R J, ZHAN C G. Evaluation of cultivated land utilization efficiency based on DEA model. *Jiangsu Agricultural Science*, 2018, 46(4): 327-330.]
- [14] 陈晨, 伍国勇. 基于四阶段DEA的安徽省耕地利用效率分析. 水土保持通报, 2018, 38(4): 288-294. [CHEN C, WU G Y. An analysis on efficiency of arable land utilization in Anhui province based on four-stage DEA model. *Bulletin of Soil and Water Conservation* 2018, 38(4): 288-294.]
- [15] 郑福云, 郭文栋, 魏延军, 等. 基于SBM模型的黑龙省耕地集约利用的碳排放效率研究. 国土资源情报, 2017, (12): 9-14, 28. [ZHENG F Y, GUO W D, WEI Y J, et al. The carbon emission efficiency research for the intensive use of cultivated lands in Heilongjiang province based on the SBM model. *Land and Resources Information*, 2017, (12): 9-14, 28.]
- [16] TONE K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 2002: 143, 32-41. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00324-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00324-1).
- [17] 刘玉海, 张丽. 耕地生产率与全要素耕地利用效率: 基于SBM-DEA方法的省际数据比较. 农业技术经济, 2012, (6): 47-56. [LIU Y H, ZAHNG L. Cultivated land productivity and total factor arable land utilization efficiency-comparison of provincial data based on SBM-DEA method. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2012, (6): 47-56.]
- [18] 张荣天, 陆建飞. 基于DEA-ESDA模型的江苏县域耕地利用效率时空格局分析. 江苏农业科学, 2019, 47(3): 269-272. [ZHANG R T, LU J F. Analysis of spatial and temporal patterns of arable land utilization efficiency in Jiangsu county based on the DEA-ESDA model. *Jiangsu Agricultural Science*, 2019, 47(3): 269-272.]
- [19] 李在军, 管卫华, 臧磊. 山东省耕地生产效率及影响因素分析. 世界地理研究, 2013, 22(2): 167-175. [LI Z J, GUAN W H, ZANG L. The analysis of the farmland productivity and its influencing factors in Shandong. *World Regional Studies*, 2013, 22(2): 167-175.]
- [20] 陈海喜, 钟九生, 兰安军, 等. 基于灰色关联模型的贵州省耕地利用效率及其影响因素研究. 贵州科学, 2018, 36(6): 61-68. [CHEN H X, ZHONG J S, LAN A J, et al. Study on cultivated land use efficiency and its influencing factors in Guizhou province based on grey correlation model. *Guizhou Science*, 2018, 36(6): 61-68.]
- [21] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(1): 498-509.
- [22] 魏权龄. 数据包络分析. 北京: 科学出版社, 2004. [WEI Q L. *Data Envelopment Analysis*. Beijing: Science Press, 2004.]
- [23] 徐丹丹, 曾章备, 董莹. 基于效率评价视角的国有企业分类改革实现路径研究: 以高端装备制造业为例. 中国软科学, 2017, (7): 182-192. [XU D D, ZENG Z B, DONG Y. Research on the realization path for classified reform of SOE's from the perspective of "efficiency evaluation": The case of high-end equipment manufacturing industry. *China Soft Sci*



- ence, 2017, (7): 182-192.]
- [24] 刘浩, 何寿奎, 王娅. 基于三阶段DEA和超效率SBM模型的农村环境治理效率研究. 生态经济, 2019, 35(8): 194-199. [LIU H, HE S K, WANG Y. Research on rural environmental governance efficiency based on three-stage DEA and super efficiency SBM model. Ecological Economy, 2019, 35(8): 194-199.]
- [25] 邓光耀, 张忠杰. 基于网络SBM-DEA模型和GML指数的中国各省工业用水效率研究. 自然资源学报, 2019, 34(7): 1457-1470. [DENG G Y, ZHANG Z J. The study on industrial water use efficiency of Chinese provinces: Based on network SBM-DEA model and GML index. Journal of Natural Resources, 2019, 34(7): 1457-1470.]
- [26] 卞纪兰, 赵桂燕. 基于DEA的黑龙省林业产业投入产出效率评价研究. 林业经济, 2019, 41(6): 63-68. [BIAN J L, ZHAO G Y. Evaluation on input-output efficiency of forestry industry in Heilongjiang province based on DEA. Forestry Economy, 2019, 41(6): 63-68.]
- [27] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6): 429-444.
- [28] BANKER R D, CHARNES A, COOPER W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 1984, 30(9): 1078-1092.
- [29] 张浩, 李世平, 靳亚亚, 等. 河北省耕地利用效率空间差异及影响因素. 水土保持研究, 2016, 23(3): 185-191. [ZHANG H, LI S P, JIN Y Y, et al. The spatial difference of the farmland use efficiency and its influencing factors in Hebei province. Research of Soil and Water Conservation, 2016, 23(3): 185-191.]
- [30] 杨朔, 于文海, 李世平. 基于DEA非有效改进的陕西省耕地生产效率研究. 中国土地科学, 2013, 27(10): 62-68. [YANG S, YU W H, LI S P. Study on the non-effective improvement of productive efficiency of cultivated land in Shaanxi province based on DEA. China Land Science, 2013, 27(10): 62-68.]
- [31] 经阳, 叶长盛. 基于DEA的江西省耕地利用效率及影响因素分析. 水土保持研究, 2015, 22(1): 257-261. [JING Y, YE C S. Analysis on the cultivated land use efficiency and its influencing factors in Jiangxi province based on DEA. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 22(1): 257-261.]
- [32] 张立新, 朱道林, 谢保鹏, 等. 中国粮食主产区耕地利用效率时空格局演变及影响因素: 基于180个地级市的实证研究. 资源科学, 2017, 39(4): 608-619. [ZHANG L X, ZHU D L, XIE B P, et al. Spatiotemporal pattern evolvement and driving factors of cultivated land utilization efficiency of the major grain producing area in China. Resources Science, 2017, 39(4): 608-619.]
- [33] 陈瑜琦, 李秀彬, 朱会义, 等. 不同经济发展水平地区耕地利用变化对比研究. 中国农业大学学报, 2011, 16(1): 124-131. [CHEN Y Q, LI X B, ZHU H Y, et al. Comparison of the agricultural land use changes at different economic levels. Journal of China Agricultural University, 2011, 16(1): 124-131.]
- [34] 王亚辉, 李秀彬, 辛良杰, 等. 中国农地经营规模对农业劳动生产率的影响及其区域差异. 自然资源学报, 2017, 32(4): 539-552. [WANG Y H, LI X B, XIN L J, et al. The impact of farm land management scale on agricultural labor productivity in China and its regional differentiation. Journal of Natural Resources, 2017, 32(4): 539-552.]
- [35] 焦源. 山东省农业生产效率评价研究. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(12): 105-110. [JIAO Y. Evaluation research of agricultural production efficiency in Shandong province. China Population, Resources and Environment, 2013, 23(12): 105-110.]
- [36] 戴劲, 彭文英, 连莉, 等. 基于DEA的东北黑土区耕地利用效率研究: 以嫩江县为例. 干旱区资源与环境, 2017, 31(6): 38-43. [DAI J, PENG W Y, LIAN L, et al. Analysis on cultivated land use efficiency based on DEA in black soils in Northeastern China: A case study of Nenjiang county. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2017, 31(6): 38-43.]
- [37] 孙耀鹏, 涂维亮. 基于DEA模型的荆州市耕地资源利用效率分析. 中国农业资源与区划, 2017, 38(8): 93-97, 104. [SUN Y P, TU W L. Based on the DEA analysis of the agricultural land resource use efficiency in Jingzhou. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(8): 93-97, 104.]
- [38] 姚冠荣, 刘桂英, 谢花林. 中国耕地利用投入要素集约度的时空差异及其影响因素分析. 自然资源学报, 2014, 29(11): 1836-1848. [YAO G R, LIU G Y, XIE H L. Spatiotemporal difference and driving forces of input factors intensity for arable land-use in China. Journal of Natural Resources, 2014, 29(11): 1836-1848.]
- [39] 罗冲, 姜博, 张文琦, 等. 东北地区耕地利用效率时空差异及其影响因素分析. 中国农业资源与区划, 2017, 38(10):

- 38-44. [LUO C, JIANG B, ZHANG W Q, et al. Analysis of cultivated land use efficiency and its influencing factors for Northeast China. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2017, 38(10): 38-44.]
- [40] 卢新海, 匡兵, 李菁. 碳排放约束下耕地利用效率的区域差异及其影响因素. *自然资源学报*, 2018, 33(4): 657-668. [LU X H, KUANG B, LI J. Regional differences and its influencing factors of cultivated land use efficiency under carbon emission constraint. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(4): 657-668.]

## The evolution of cultivated land utilization efficiency and its influencing factors in Nanyang Basin

JI Zheng-xin<sup>1,2,3</sup>, WANG Xiu-li<sup>1,2</sup>, LI Ling<sup>1,2</sup>, GUAN Xiao-ke<sup>4</sup>, YU Lin<sup>1,2</sup>, XU Yue-qing<sup>3</sup>

(1. College of Resources and Environment, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Henan Engineering Research Center of Land Consolidation and Ecological Restoration, Zhengzhou 450002, China; 3. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 4. Social Development Research Center, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Studying the evolution law of cultivated land utilization efficiency is related to agricultural industry revitalization and national food security. This paper, which is based on the calculation of cultivated land utilization efficiency of 12 counties in Nanyang Basin over the 2000, 2010 and 2016 with the DEA-GWR model, investigates characteristics of spatiotemporal evolution of cultivated land utilization efficiency by using trend surface analysis and  $G_i^*$  index and analyzes its influencing factors. The results show that: (1) In 2000, 2010 and 2016, the comprehensive efficiency was on the rise. In 2000 and 2016, the scale efficiency had a greater effect on the comprehensive efficiency. In 2010, the pure technical efficiency had more effect on the comprehensive efficiency. (2) From a global perspective, the high-value areas with comprehensive utilization efficiency of cultivated land changed from the southeast to the middle and northwest in three periods, showing obvious regional differentiation; from a local perspective, relatively high value (low value) areas with comprehensive utilization efficiency of cultivated land show a strong cluster-like agglomeration in space. (3) According to the factors influencing cultivated land utilization efficiency, the absolute value of degree of influence is listed in the order: agricultural labor>multiple cropping index>total power of agricultural machinery>fertilizer application amount>per capita cultivated land>topographical conditions>per capita disposable income of rural residents>urbanization level.

**Keywords:** cultivated land utilization efficiency; spatiotemporal evolution; DEA-GWR model; influencing factor; Nanyang Basin