

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[J]. 江苏农业科学,2019,47(3):269-272.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.03.064

基于 DEA-ESDA 模型的江苏县域耕地利用效率时空格局分析

张荣天, 陆建飞

(扬州大学新农村发展研究院, 江苏扬州 225009)

摘要:以我国发达地区江苏省为研究案例地,构建县域耕地利用效率评价指标体系,运用改进 DEA 模型来测度 2000—2015 年江苏县域耕地资源利用效率水平;结合 ESDA 分析模型,从全局和局部空间自相关视角上分析江苏县域耕地利用效率时空分异格局。结果表明:(1)2000 年以来江苏县域耕地利用效率呈现提升态势,且技术效率变动是主导驱动。(2)全局上江苏县域耕地利用效率呈现出正的空间相关性特征,表现高(低)-高(低)空间集聚模式;局部上效率 H-H 形成“苏州-无锡”核心区县(市)空间集聚,L-L 区主要分布在苏北地区县(市)。(3)人均 GDP、有效灌溉面积、财政支农及受灾面积等是影响江苏县域耕地利用效率时空演化的主要因素。(4)从完善基础设施、加强科技投入及强化耕地整治等方面提出江苏县域耕地利用效率优化提升的政策建议。

关键词:耕地利用效率;DEA;ESDA;时空格局;江苏省

中图分类号: F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)03-0269-04

随着我国工业化、城镇化进程持续推进,以及耕地资源不断退化,导致我国后备耕地资源不足,耕地资源状况十分严峻,人均耕地面积未达到世界平均水平;同时,耕地资源投入的增长速度大于产出的增长速度,整体利用效率相对不高^[1]。在这种时代大背景之下,提高耕地利用效率是保证农产品有效供给、提高农民收入的关键环节,具有重要的战略意义和现实价值。因此,探讨耕地资源利用效率已经成为国内外众多学者、政府关注的热点话题。效率(efficiency)最初是一个物理学的基本概念,是衡量能量损耗程度的重要指标,一般能量损耗越小,其效率就会越高,后来效率这一概念逐渐运用到经济学、社会学及地理学等学科领域,而耕地利用效率是衡量区域既定农业产出下所能实现最少耕地投入程度,是科学反映投入在耕地利用上各资源配置的相对合理性状况。目前国内外学者运用不同方法、针对不同区域展开耕地利用效率多视角探讨:(1)研究内容上,主要集中在效率指标构建^[2]、区域差异^[3]、影响因素^[4]及对策建议^[5]等领域;(2)研究方法上,主要采用 SBM(slack based model)模型^[6]、BP(back propagation)神经网络模型^[7]及 DEA(data envelopment analysis)模型^[8]等计量方法分析区域耕地利用效率水平;(3)研究尺度上,主要呈现出从省域^[9]、市域^[10]宏观大尺度不断向县域^[11]微观小尺度深入,但县域尺度上实证研究则相对薄弱。另外,目前研究以传统定量数理模型分析为主,缺少运用空间自相关视角来探讨区域耕地利用效率空间分异特征及其影响机制。

收稿日期:2017-04-14

基金项目:中国博士后科学基金(编号:2017M621834);扬州大学科技创新培育基金(编号:2017CXJ112);扬州大学博士后科研基金(编号:137070213)。

作者简介:张荣天(1987—),男,江苏南京人,博士,硕士生导师,从事城乡发展与区域规划研究。E-mail:nuzn@163.com。

本研究以江苏省为例,基于县域单元空间尺度,首先从投入和产出 2 个方面构建出效率评价指标体系,运用改进 DEA 模型测度 2000—2015 年的江苏县域耕地利用效率及其分解值;其次,基于 ESDA 分析模型,从全局和局部两大空间自相关的视角揭示江苏县域耕地利用效率时空分异格局,并揭示影响耕地利用效率的主要因素;最后,有针对性地提出未来江苏县域耕地利用效率提升的对策建议,以期对转型期江苏县域耕地资源可持续利用提供有益的理论及实践参考。

1 研究方法 & 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 改进 DEA 模型 DEA 模型 1978 年由 A. Charnes、W. W. Cooper 和 E. Rhodes 首先提出^[12],传统 DEA 分析模型容易造成 DMU(decision making unit)有效数量较多不足,即便 DMU 的投入产出都低,其效率仍能达到最优 1。针对传统 DEA 模型的这种不合理之处,引入虚拟最优决策 DMU_{j+1},通过考察每个测度单元与最优决策单元距离来判别相对效率。设 N 个决策单元的耕地利用效率, x_j 为第 j 个 DMU 投入量, y_j 为第 j 个 DMU 产出量,则 $x_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T > 0$, $y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T > 0$,引入虚拟的最优决策单元 $DMU_{j+1} = \{\min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}), \max(y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})\}$,即投入最小而产出最大的决策单元,其效率值 $\theta_j = 1$ 是唯一有效的 DMU 单元^[13]。修正后 DEA 模型公式为:

$$\begin{cases} \max \theta_j = 1 \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^{n+1} \lambda_j x_j \leq \lambda_j \\ \sum_{j=1}^{n+1} \lambda_j y_j \leq \theta_j y_j \\ \sum_{j=1}^{n+1} \lambda_j \leq 1, \lambda_j \geq 0 \end{cases}$$

式中: θ 为综合效率,引约束条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$,公式即为规模报酬

可变的 VRS 模型。其中, θ_h ($0 < \theta \leq 1$) 为技术效率, 而规模效率 $SE = \theta/\theta_h$ 。

1.1.2 ESDA 分析模型 ESDA (exploratory spatial data analysis) 模型主要通过对研究现象空间格局可视化显示, 发现空间集聚及其分散特征, 解释空间上相互作用机制, 具体上运用 Global Moran's I (全局墨兰指数)、Getis - Ord G_i^* (热点分析指数) 来测度 2000—2015 年江苏县域耕地利用效率全局、局部关联特征。其中, 全局空间自相关可以衡量县域耕地利用效率整体空间关联与差异程度, 而局部自相关可以识别不同空间位置上县域耕地利用效率空间分异^[14-15]。计算指标如下:

(1) Global Moran's I 指数

$$I(d) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}}; S^2 = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / n。 (1)$$

式中: X_i 为 i 观测值, X_j 为 j 观测值, W_{ij} 为空间权重矩阵, i 和 j 空间相邻为 1, 不相邻则为 0。

(2) Getis - Ord G_i^* 指数

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij}(d) X_j}{\sum_{j=1}^n X_j}。 (2)$$

方便于解释和比较, 对 G_i^* 进行标准化处理:

$$Z(G_i^*) = \frac{G_i^* - E(G_i^*)}{\sqrt{\text{var}(G_i^*)}}。 (3)$$

式中: W_{ij} 为空间权重矩阵, 空间相邻为 1, 不相邻为 0。 $E(G_i^*)$ 和 $\text{var}(G_i^*)$ 分别为 G_i^* 的数学期望和变异数。

1.2 数据来源

分析数据涉及两大部分, 其中统计数据主要来源于《江苏省统计年鉴(2001—2016 年)》, 空间数据主要来源于《江苏省地图(2015 年)》, 经扫描进行高精度配准后在 GIS 软件中跟踪矢量化获取, 并对行政区划调整的区域进行合并处理, 确保整个研究时段分析结果具有相对可比性。

2 县域耕地利用效率测度及评价

2.1 指标体系构建

理论上, 县域耕地利用效率既是反映农业生产中投入在耕地上各种资源配置是否合理的指标, 也是反映农业生产中耕地资源价值实现程度的指标。因此, 县域耕地利用效率是指对县域耕地利用数量与实际产出中所投入耕地数量的比例。参考国内外耕地利用效率测度指标相关文献, 结合指标代表性、可获得性等原则, 从耕地投入和产出 2 个方面构建江苏县域耕地利用效率测度的指标体系(表 1)。

表 1 县域耕地利用效率评价指标体系

构成	指标	单位
DEA 投入指标	耕地实际面积 X_1	hm ²
	农业从业人数 X_2	千人
	农用化肥使用量 X_3	万 t
	农业机械总动力 X_4	万 kW
DEA 产出指标	经济作物产值 X_5	亿元
	粮食总产量 X_6	万 t
	农业总产值 X_7	亿元

2.2 时序变化特征

基于 2000—2015 年江苏县域单元原始的投入及产出指

标, 运用 DEAP 2.1 分析软件计算出 2000—2015 年江苏省县域耕地利用效率值及其分解值, 其中综合效率 = 纯技术效率 × 规模效率(图 1), 以下着重就从综合效率、纯技术效率、规模效率 3 个维度来进行具体分析: (1) 综合效率上, 2000—2015 年江苏县域耕地利用综合效率呈现出持续上升的态势, 数值上从 2000 年 0.522 一直提升到 2015 年的 0.671, 近 15 年间综合效率提升 28.5%, 总体上来看效率上升的幅度相对较小。(2) 纯技术效率上, 2000—2015 年间江苏县域耕地资源利用技术效率变化也以上升为主要趋势, 但是整体上要高于区域综合效率及规模效率水平, 纯技术效率数值上从 2000 年的 0.777 持续上升到 2015 年的 0.892, 随着区域农业科技水平不断提高, 县域耕地利用技术效率也表现出上升趋势, 技术效率持续提升导致县域耕地利用效率不断提升, 可以看出技术效率变化是江苏县域耕地利用效率提升的主要驱动因子。(3) 规模效率上, 2000—2015 年江苏县域耕地利用规模效率呈现“上升—下降—上升”的曲线演变特征, 规模效率数值上从 2000 年的 0.672 上升到 2007 年 0.713, 再下降到 2008 年的 0.705, 继而从 2009 年的 0.717 上升到 2015 年的 0.752。因此, 未来江苏各县(市)须要关注科技、人才等软要素投入, 走耕地科学内涵式道路。

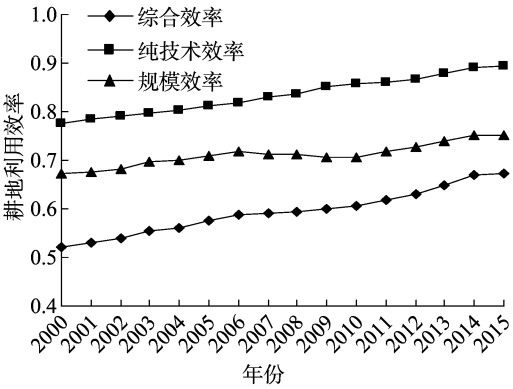


图1 江苏县域耕地利用效率及分解值(2000—2015)

2.3 未来演化趋势

通过对江苏县域耕地利用效率评价结果来看, 2000—2015 年江苏县域耕地资源利用综合效率水平基本表现出上升的趋势, 这就意味着伴随时间不断推移, 县域耕地利用效率水平稳步提升, 为了研究未来一段时间内江苏县域耕地利用效率是否能继续表现出上升的态势, 运用计量经济学中的回归分析模型, 基于 Eviwes 5.0 软件分析平台, 对 2000—2015 年江苏县域耕地利用综合效率 S 和各年份 Y 进行回归分析, 得到如下的回归方程: $S = -35.5427 + 0.01797Y$ ($r^2 = 0.92$)。根据回归方程, 当 $Y = 2025$ 时, 则 $S = 0.846$, 表明按照当前县域耕地利用效率变化速度, 到 2025 年江苏县域耕地利用效率水平将会达到 0.842(图 2), 这就在某种意义上说, 未来一段时间内江苏县域耕地利用效率仍会以较快的速度提升; 另外, 由于考虑到江苏县域耕地利用效率也具有空间差异的因素, 其中苏南地区县域耕地利用效率相对较高, 而苏北地区县域耕地利用效率相对较低。因此, 还须要进一步增加对耕地利用效率较低地区的投入, 才能更有效地促进江苏县域耕地资源利用效率不断优化。

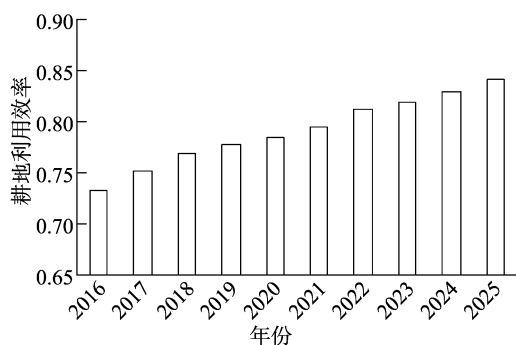


图2 江苏县域耕地利用效率预测值

3 县域耕地利用效率时空格局分异

3.1 全局空间分异格局

通过 Global Moran's I 指数来分析江苏县域耕地利用效率总体分布格局,基于 GeaDA095 软件,测算出 2000—2015 年江苏县域耕地利用效率 Global Moran's I 值(表 2)。通过表 2 可以看出:研究期间江苏县域耕地利用效率 Global Moran's I 指数均大于 0,表明江苏县域耕地利用效率呈现空间集聚分布模式;具体数值上,Global Moran's I 值从 2000 年 0.387 5 提高到 2008 年的 0.402 2,到 2015 年达到最大值 0.472 9,整个研究期间 Global Moran's I 指数增幅达到了 20.39%,2000—2015 年间江苏县域耕地利用效率空间自相关性不断增强;另外,研究期间江苏县域耕地利用效率 Global Moran's I 观测值与期望值差异变化相对较小,进一步印证了 2000 年以来江苏县域耕地利用效率全局空间格局分异态势相对较稳定。

表 2 江苏县域耕地利用效率全局 Moran's I 指数(2000—2015 年)

年份	Global Moran's I	期望值	Z 值	P 值
2000	0.387 5	-0.132 5	1.67	0.002
2008	0.402 2	-0.132 5	1.85	0.004
2015	0.472 9	-0.132 5	2.03	0.005

3.2 局部空间分异格局

Global Moran's I 指数仅从全局视角上研究了 2000 年以来江苏县域耕地利用效率总体空间格局,还需要运用 Getis -

OrdG_i^{*} 指数进一步分析局部空间集聚态势及演化规律。基于 ArcGIS 10.2 软件,测算出 2000—2015 年江苏县域耕地利用效率 Getis - OrdG_i^{*} 指数值,并以县域耕地利用效率作为横坐标,县域耕地利用效率空间滞后值作为纵坐标,在 GeaDA095 软件中绘制出 2000—2015 年江苏县域耕地利用效率局部空间集聚图(图 3 所示),分为效率 H-H 区(县域自身耕地利用效率高,邻近县域也高)、效率 H-L 区(县域自身耕地利用效率高,邻近县域较低)、效率 L-H 区(县域自身耕地利用效率低,而邻近县域高)、效率 L-L 区(县域自身耕地利用效率低,邻近县域也低)4 种基本类型,基于 4 种类型区演变揭示研究期间江苏县域耕地利用效率局部空间格局分异规律。

3.2.1 效率 H-H 区 2000—2008 年江苏县域耕地利用效率热点区主要集聚在吴江、昆山、太仓、常熟、张家港、江阴等县(市、区),即“苏锡”地区;且 2008 年后效率 H-H 区开始向靖江等县(市、区)演化,总体上县域耕地利用效率 H-H 区主要分布在江苏的“苏州-无锡”地区。

3.2.2 效率 H-L 区 2000—2015 年江苏县域耕地利用效率 H-L 区主要分布在高淳、溧水、句容、金坛、溧阳、丹阳、宜兴等县(市、区),仅仅征个别县(市、区)单元发生空间变化,H-L 区总体分布在苏南的“南京-常州”地区。

3.2.3 效率 L-H 区 2000—2015 年江苏县域耕地利用效率 L-H 区主要集聚在高邮、江都、泰兴、姜堰、海安、如皋、通州、如东、海门等县(市、区),即苏中地区,空间格局分布相对稳定,置换不显著。

3.2.4 效率 L-L 区 2000—2015 年江苏县域耕地利用效率 L-L 区主要分布在赣榆、东海、灌云、灌南、响水、滨海、阜宁、涟水等县(市、区),即江苏的苏北地区,这一地区农业科技水平相对较低,各县(市、区)经济社会发展水平也较低,加上交通可达性程度差等制约因素,形成研究期江苏县域耕地利用效率低值“塌陷区”。

总体上,2000—2015 年江苏县域耕地利用效率局部集聚分布格局演变相对稳定,4 种类型效率区仅发生微小的数量变动及调整。

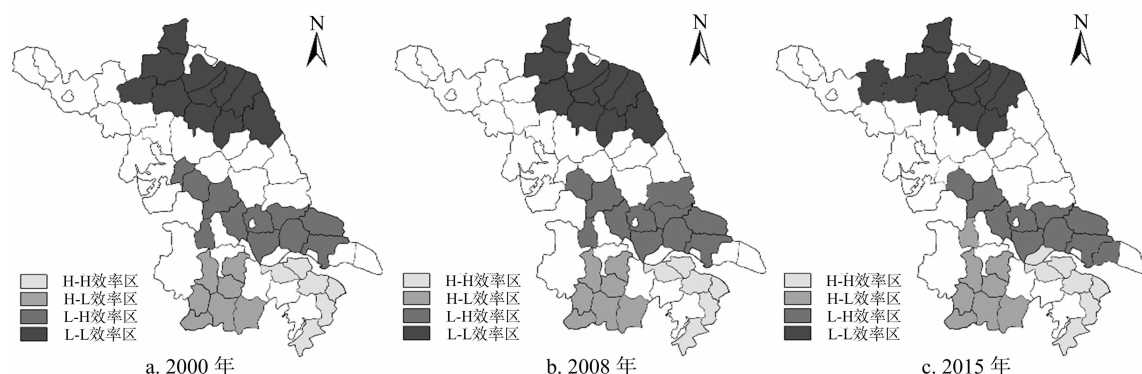


图3 江苏县域耕地利用效率局部集聚分异格局(2000—2015年)

3.3 影响因素分析

耕地利用效率时空分异是多种影响因素综合作用结果,本研究重点选取了受灾面积 X_1 、人均 GDP X_2 、有效灌溉面积 X_3 、财政支农 X_4 等自然、经济及政策影响因素,采用 Eviews

6.0 计量统计软件中 Tobit 回归模型对 2000—2015 年江苏县域耕地利用效率影响因素进行回归实证分析(表 3)。

根据表 3 可知,人均 GDP、有效灌溉面积、财政支农及受灾面积等均对研究期间江苏县域耕地利用效率差异产生影

表 3 耕地利用效率差异影响因素回归分析

解释变量	系数	标准误差	t 值	P 值
常数项	1.278 532	0.355 489	3.438 973	0.000 2
X_1	-0.034 897	0.005 523	-1.532 489	0.001 2
X_2	0.358 921	0.201 208	3.421 465	0.000 3
X_3	0.652 389	0.287 230	2.446 732	0.002 9
X_4	0.287 349	0.043 552	1.732 865	0.000 9

响,并且人均 GDP X_2 > 有效灌溉面积 X_3 > 财政支农 X_4 > 受灾面积 X_1 。具体影响表现为:(1)人均 GDP 对耕地利用效率正向影响最显著,这就表明区域经济发展水平越高,能够为农业发展提供更多的资金保障及技术、人才等方面软实力投入,积极改善农业生产条件,有助于持续地提升区域耕地利用效率水平,因此人均 GDP 水平是影响县域耕地利用效率的关键因素。(2)有效灌溉面积与县域耕地利用效率呈正向相关关系,一般而言,区域水资源越丰富,其耕地有效灌溉面积也就越高,总体上沿江、沿淮河城市,降水量充沛,水资源相对较丰富,对区域耕地资源利用效率提升起到了积极促进效应,因此有效灌溉面积是影响县域耕地利用效率的重要因素。(3)财政支农对耕地资源利用效率也具有正向影响,目前中央及地方各级政府关注“三农”问题,实施了农业补贴、科技下乡等相关政策,有助于农民增加农业生产投入,促进农业生产科技水平提高,对于推动县域耕地利用规模、技术效率有十分积极影响,财政支农是影响县域耕地利用效率的保障因素。(4)受灾面积与耕地利用效率之间存在反向关联关系,若县域遭受旱灾、洪灾、风雹灾、霜冻、病虫害及其他自然灾害,就会直接导致耕地利用效率呈现出下降态势,可见受灾面积大小是影响县域耕地利用效率的制约性因素之一。在四大因素作用下,江苏县域耕地利用效率时空格局将会持续发生演变。

4 结论与建议

本研究以江苏省作为研究区,基于县域空间尺度,从投入和产出上构建耕地利用效率指标体系,结合 DEA-ESDA 模型初步地分析了 2000—2015 年江苏县域耕地利用效率时空格局及演变特征。得到 3 点基本结论:(1)2000 年以来江苏县域耕地资源利用效率表现出持续上升趋势,且县域耕地利用受技术效率驱动。(2)全局上,2000—2015 年江苏县域耕地利用效率呈现出正的空间相关性特征,以空间集聚为主要模式;局部上,江苏县域耕地利用效率 H-H 区主要集聚在苏州、无锡等地县(市、区),而 L-L 效率区主要分布在苏北地区县(市、区)。(3)人均 GDP、财政支农、有效灌溉面积及耕地受灾面积等是影响研究期江苏县域耕地利用效率时空格局分异的主要因素。

结合江苏县域耕地利用时空格局分析,提出未来江苏县域耕地利用效率优化的政策建议及启示:(1)完善农业基础设施建设。强化江苏各县(市)农田水利、减灾等设施建设,

提高县域农业抗御自然灾害的能力;不断优化县域耕地利用结构,改造传统粗放型耕作模式。加强对中低产田改造和粮食安全示范区、优势农产品项目的田间灌排设施建设,逐步建成一批标准化基本农田工程。(2)加强农业科技投入。积极构建多元化、结构化县域农业投入保障体系,特别是加强与农业科研机构、院所的大力合作,引进、推广新品种及新种植方法,不断提升县域农业生产的机械化水平;不断加快构建县域农业发展的科技支撑体系,用先进技术和装备改造县域传统农业,构建县域农业技术创新、应用及服务综合性平台。(3)强化土地综合整治。加大县域耕地整理力度,尤其是耕作条件差、分散零星的耕地资源;完善以土地为核心的股份制,在明确产权关系的基础上,建立科学、规范的土地使用权流转制度,加大土地资源流转力度,将农民闲置的耕地向种植大户、农业合作社等流转,推动县域农业规模化经营,改善县域耕地综合产出能力,持续提升江苏县域耕地利用效率。

参考文献:

[1] 俞奉庆,蔡运龙. 耕地资源价值探讨[J]. 中国土地科学,2003,17(3):3-9.

[2] 周俊霞,刘淑英. 甘肃省耕地利用效益时空分异特征[J]. 湖北农业科学,2012,51(2):258-260.

[3] 刘春腊,王 鹏. 湘西多民族山区耕地利用效率空间差异分析[J]. 冰川冻土,2013,35(5):1308-1318.

[4] 潘倩红,任大廷. 四川省耕地生产效率及影响因素分析[J]. 国土资源科技管理,2010,27(4):95-100.

[5] 姚成胜,黄 琳. 基于能值理论的中国耕地利用集约度时空变化分析[J]. 农业工程学报,2014,30(8):1-12.

[6] 刘玉海,武 鹏. 转型时期中国农业全要素耕地利用效率及其影响因素分析[J]. 金融研究,2011(7):114-127.

[7] 冯晓利. 基于 BP 人工神经网络的耕地综合效益研究[D]. 成都:四川师范大学,2013.

[8] 梁流涛,曲福田,王春华. 基于 DEA 方法的耕地利用效率分析[J]. 长江流域资源与环境,2008,17(2):242-246.

[9] 冯 达,段亚锋,李婷婷. 基于 DEA 的湖南省耕地利用效率研究[J]. 国土资源科技管理,2009,26(3):57-60.

[10] 张文雅,宋 戈. 哈尔滨市耕地利用效益特征分析[J]. 水土保持研究,2009,16(6):79-83.

[11] 刘彦随,李裕瑞. 中国县域耕地与农业劳动力变化的时空耦合关系[J]. 地理学报,2010,65(12):1602-1612.

[12] 杨青山,张 郁. 基于 DEA 的东北地区城市群环境效率评价[J]. 经济地理,2012,32(9):51-55.

[13] 张荣天,焦华富. 泛长三角城市发展效率时空格局演化与驱动机制[J]. 经济地理,2014,34(5):48-54.

[14] Cem E, Wilfried K. Regional disparities in the European Union and the enlargement process: an exploratory spatial data analysis, 1995—2000[J]. Ann Reg Sci, 2006, 40(4): 723-765.

[15] 刘家君,魏 伟,张建清. 基于 ESDA 的湖北省区域经济发展空间格局分析[J]. 统计与决策,2014(13):134-137.