

长三角城市群土地利用绿色效率空间特征 与改善潜力研究

谭婧,侯若男

(安徽大学经济学院,安徽合肥230601)

摘要:基于2010—2016年长三角城市群26座城市的面板数据,运用SSBM模型构建基于土地、资本和劳动要素投入的经济期望和三废非期望产出绿色效率模型,发现效率的空间特征与改善途径。研究结论有:(1)城市群的绿色效率在考察期内均有下降趋势,纯技术效率和规模效率对土地利用绿色效率有耦合影响,其中纯技术效率的正向拉动作用要高于规模效率;(2)城市群绿色效率既存在空间关联,又存在明显的发散趋势,省际边界的影响并不显著,但安徽省内空间关联较大,仍需与城市群绿色发展密切协同;(3)城市群土地利用绿色效率逐渐呈现多中心空间格局,以上海、合肥和杭州为中心的空间集聚态势在考察期末未突显;(4)通过构造绿色效率改善潜力指数,发现低经济产出和高环境损耗是绿色低效的主要原因。因此,建议政府部门在经济产业结构调整、优化要素配置的同时创新土地利用制度,以制度创新驱动区域绿色协同发展。

关键词:土地利用;绿色效率;空间分析;改善潜力

中图分类号:F830.91 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-6049(2020)05-0087-10

一、引言

绿色发展既追求经济发展,又要求最大限度降低投入资源消耗和环境污染产出,是实现经济高质量发展的主要路径^[1]。我国的高速经济增长进程和快速城镇化进程伴随着高投入、高消耗、高排放的生产生活方式,为日益严峻的资源环境问题增加了压力,同时也为城镇化进程造成了巨大的隐性成本^[2]。城市土地是生产、生活、生态的主要空间载体,不仅为经济生产系统提供重要投入资源,同时还容纳各种环境污染。长三角区域是我国经济发展和城镇化水平较高的地区,从提高经济产出、节约资源投入和降低环境污染等多目标协调视角下开展土地利用的绿色效率评价研究,对高质量城市群建设、实现区域绿色协调发展具有重要意义。

目前有关绿色效率的评价研究,主要是基于绿色发展理念,综合资源与环境因素构建绿色效率评价框架,并在各领域均有广泛的应用研究,诸如探索制约绿色效率提升的主要影响因素^[3-8]、实现经济发展与资源环境协调的多重目标^[9]等。这其中,有关城市土地利用绿色效率的研究焦点主要集中在两个层面。其一,土地利用效率评价的研究框架已由早期仅关注经济产出^[10-11]转向绿色效率这一兼顾经济产出与环境排放的共同影响因素^[12]。其二,土地利用效率评价方法也日益多元化,诸如协调

收稿日期:2020-03-17;修回日期:2020-06-01

基金项目:安徽省教育厅高校人文社会科学重点项目“城际视角的长三角城市群生态效率研究”(SK2017A0013)

作者简介:谭婧(1979—),女,安徽阜阳人,管理学博士,安徽大学经济学院讲师,研究方向为资源环境经济;侯若男(1995—),女,安徽宿州人,安徽大学经济学院硕士研究生,研究方向为区域经济与经济统计。

度模型^[13]、主成分分析法^[14]、神经网络^[15]等。其中,数据包络分析方法如基础 CCR 模型、BCC 模型^[16-17]、超效率模型^[18]、静态与动态指数结合^[19]等,因宽松的应用前提和多样模型类别的特点,且无须提前设定函数形式进行多投入、多产出系统的综合评价而得以广泛的应用。随着高质量绿色发展的内在诉求,基于数据包络分析的城市土地利用绿色效率评价框架也在不断完善。通过利用方向距离函数方法,在产出指标中既考虑城市土地利用经济期望产出,也包含环境非期望产出,评价城市土地利用绿色效率^[20-23]。

首先,综合已有文献来看,2019 年长三角城市群核心区从原来的 16 座城市扩展至 27 座,目前的土地利用绿色效率研究较少以长三角城市群为实证分析对象,而少数以长三角城市群为实证分析对象的研究也仅考虑了 16 座城市;其次,长三角核心区域覆盖三省一市,区域高质量绿色发展要求区域土地资源的协同高效利用,而现有研究中效率区际空间关联的分析较少;最后,已有的土地利用效率研究并未深入探讨低效评价单元可行的效率改善途径。

为此,本研究以劳动、资本和土地资源为要素投入,以经济为期望产出,以环境为非期望产出构建城市群土地利用绿色效率评价模型,基于 SSBM 模型、空间分析方法和工具,对 2010—2016 年长三角城市群土地利用绿色效率展开分析,并构造改善潜力指数,从而为土地利用绿色效率改进提供方向。

二、研究区域与数据来源

(一) 研究区域

2016 年 5 月,在国务院批准的《长江三角洲城市群发展规划》中,划定了长三角城市群的范围包括 26 座城市。2019 年 12 月,在国务院印发的《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》中,规划范围扩容至上海市、江苏省、浙江省和安徽省全域,城市群中心区包括 27 座城市。基于数据的可获得性和连续性,本文以 2016 年规划中的 26 座城市市辖区为研究对象,包括上海,江苏省的南京、无锡、常州、苏州、南通、盐城、扬州、镇江、泰州,浙江省的杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、金华、舟山、台州,安徽省的合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城。

(二) 指标选取与数据来源

基于绿色发展以更少资源投入和环境消耗获得更大经济产出的内在诉求,城市生产系统的投入包括土地、资本和劳动三种要素^[24],产出既包括“好”的经济效益,也考虑城市土地所承载“坏”的环境负荷。其中土地要素选取城市建成区面积,资本要素选取固定资产投资额,劳动要素选取城镇年末就业人口数,产出选取市区生产总值(GDP)作为期望“好”产出;另外选取工业废水排放量、工业废气排放量、工业固废排放量作为非期望“坏”产出指标。数据主要来源于历年《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》和各省、市统计年鉴。生产总值、固定资产投资均用 GDP 平减指数进行平减处理。

三、研究方法

(一) 数据包络分析

数据包络分析是以相对效率为基础的一种非参效率测度方法,能在不设定权重和生产函数的条件下处理多投入产出系统。径向、角度的 DEA 模型(CCR、BCC)通过保持决策单元的投入或产出不变确定有效生产前沿面,再将各决策单元投影到生产前沿面上,通过其偏离前沿面的程度来判定有效性。径向模型的无效测度要等比例缩减投入或增加产出,虽确保效率边界或无差异曲线的凸性,但投入或产出的松弛非零时会高估评价对象的生产率;角度模型关注投入或产出的某一个方面,难以发现导致无效评价的关键指标,且无法考虑生产系统的“坏”产出,效率评价存在失真^[25]。针对这一不足,Tone^[26]提出了基于非径向、非角度的 SBM 模型,该模型允许投入、产出变量同时以不同比例发生变化,目标函数设定同时考虑投入和产出松弛,评价结果可以测量并剔除松弛带来的无效因素。随后 Cooper *et al.*^[27]将非期望产出引入 SBM 模型,实现了兼顾好与坏产出的系统效率评价,并进一步通过决策单元与最优前沿相比较发现期望产出不足、投入冗余和非期望产出冗余等导致无效评价的关键因素,提出效率改进方案。而将超效率分析与 SBM 模型相结合的 SSBM 模型能将有效评价单元再加

以区分 细化有效程度的差异。

为此,本文基于绿色效率评价内涵,构建包含非期望产出的超效率 SSBM 模型对长三角城市群的土地利用绿色效率开展研究。首先,将 SSBM 模型(M4)评价结果与不包含环境非期望产出的 CCR 模型(M1)、SBM 模型(M2)和包含非期望产出的 SBM 模型(M3)进行比较,肯定 SSBM 模型对绿色效率评价的适用性;其次,对 SSBM 模型测算出来的土地利用绿色效率进行评价,在规模报酬可变条件下,土地利用绿色效率即综合效率(Technology Efficiency, TE)可以分解为纯技术效率(Pure Technology Efficiency, PTE)和规模效率(Scale Efficiency, SE),其中, PTE 是城市在土地等要素投入规模最优时的产出效率, SE 是实际土地利用投入规模与最优土地利用投入规模的差距^[23],再对城市群土地利用绿色效率的空间特征展开分析;再次,分别从省际和城际视角开展分析,发现土地利用绿色效率的空间特征;最后,基于投入不足或产出冗余建立效率改进潜力指数,为提升低效评价城市效率提出方案。

(二) 统计分析

变异系数(Coefficient of Variation, CV 系数)是样本标准差与样本均值之比,其值越小表明城市群土地利用绿色效率差异越小,反之越大。通过测算效率值的 CV 系数和观察期的时间变动趋势可以发现城市群土地利用绿色效率的空间收敛或发散情况。

(三) 空间分析

利用空间相关系数测算 Moran's I 土地利用绿色效率的空间关联程度及其时间演化趋势。在公式 1 中 n 代表城市数量, x_i 和 x_j 是效率值, \bar{x} 表示长三角各城市的土地利用均值, S^2 代表长三角各城市土地利用效率均方差, w_{ij} 表示空间权重矩阵, Moran's I 的取值范围为 [-1, 1]。当 Moran's I > 0 时,城市群土地利用效率空间正相关, Moran's I < 0 时空间负相关, Moran's I 趋于 0 则无空间关联。

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

空间权重矩阵的设定综合考虑地理可达性与经济非对称性。首先,依据负指数距离原则、以城际可达公路交通距离为基础,构建可达地理距离空间权重矩阵 W_d , 矩阵中第 i 行第 j 列的矩阵元素 $w_{ij} = \exp(-cd_{ij})$, 其中 d_{ij} 为城市 i 和城市 j 之间最短交通可达距离, 参数 c 为城际最小非零距离的倒数^[28];再复合城际经济相对强度影响构建复合权重矩阵^[29] $W_1 = W_d \text{diag}(\bar{Y}_1/\bar{Y}, \bar{Y}_2/\bar{Y}, \dots, \bar{Y}_n/\bar{Y})$, 对角矩阵中元素 \bar{Y}_i 为 i 城市人均国内生产总值考察期的历年均值, \bar{Y} 为城市群国内生产总值的历年均值。

四、实证分析

(一) 城市群绿色效率分析

1. 四种模型评价的比较。测算模型 M1 至 M4 综合效率的 CV 系数,依据时间变动绘制图 1。四种模型测算的城市群土地利用效率 CV 系数存在 M1<M2<M3<M4 的关系,考虑松弛变量后(M2)在改善无效 DMU 与强有效目标之间的差距时需同时包括等比例调整的部分和松弛改进的部分,所以效率差异要大于传统 CCR 模型(M1);非期望产出的增加(M3)进一步扩大效率差异,超效率模型(M4)因可以细分有效城市的效率值,其 CV 系数最大。可以明确 SSBM 模型(M4)不仅符合绿色发展的内涵,还能深入细化土地利用绿色效率的空间差异。

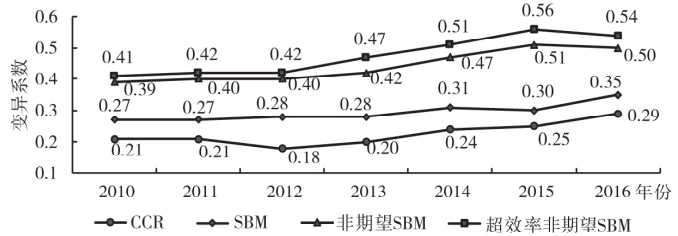


图 1 四种模型土地利用效率的空间发散趋势

2. 城市群土地利用绿色效率评价及其分解。将 SSBM 模型测算出来的土地利用绿色效率(TE)逐年取均值如图 2 所示,长三角城市群土地利用绿色效率在考察期内呈下降趋势,2015 年效率值降到最

低,且各年份土地利用绿色效率均值都未达到有效状态。将土地利用绿色效率(TE)分解为纯技术效率(PTE)和规模效率(SE)并逐年取平均值,通过绘制图2得到三种效率值的时间变化趋势,以及纯技术效率和规模效率对土地利用绿色效率的影响。第一,考察期内城市群三种效率均值全都小于1,且存在 $PTE>SE>TE$ 的关系。根据原则, PTE 和 SE 均小于1也是导致 TE 最低的主要原因。第二,三种效率值均值都呈现波动的递减趋势,土地利用绿色效率(TE)在2015年最低(0.59),尽管2016年效率值略有反弹(0.64)。第三,纯技术效率(PTE)除2014年有回升之外(0.93),其余时期均持续下降,规模效率(SE)在2015年最低。

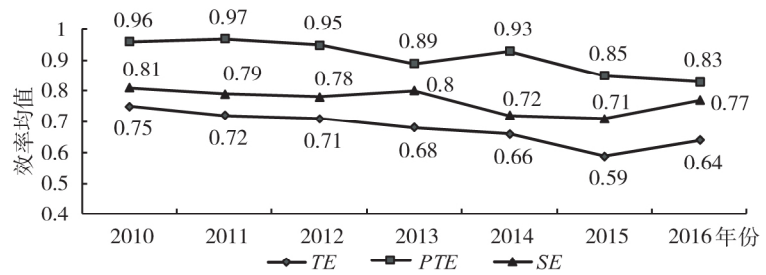


图2 长三角城市群土地利用绿色效率及其分解效率的变化趋势

为进一步发现三组效率之间的关系,将历年城市绿色效率值绘制 $PTE-TE$ 和 $SE-TE$ 联合散点分布图,并添加 45° 辅助线如图3(a)和(b),散点越靠近 45° 辅助线说明两种效率的相关性越大,该分解效率对土地利用绿色效率的贡献程度越大。综合来看,两组图中散点都没有紧围 45° 辅助线,说明城市群城市土地利用绿色效率(TE)受到了纯技术效率(PTE)和规模效率(SE)的耦合影响^[30]。对比来看, $PTE-TE$ 的散点在 45° 线周围的紧密程度略高于 $SE-TE$ 散点,但其离散情况同样也高于 $SE-TE$ 散点。 $PTE-TE$ 散点大部分位于 45° 线上方,多数城市纯技术效率优于土地利用绿色效率(TE),纯技术效率(PTE)对土地利用绿色效率(TE)具有积极影响; $SE-TE$ 散点位于 45° 线上方的城市,其规模效率高于土地利用绿色效率, PTE 对其有负面的影响,位于 45° 线下方的城市,其规模效率低于土地利用绿色效率, PTE 对其有积极影响。

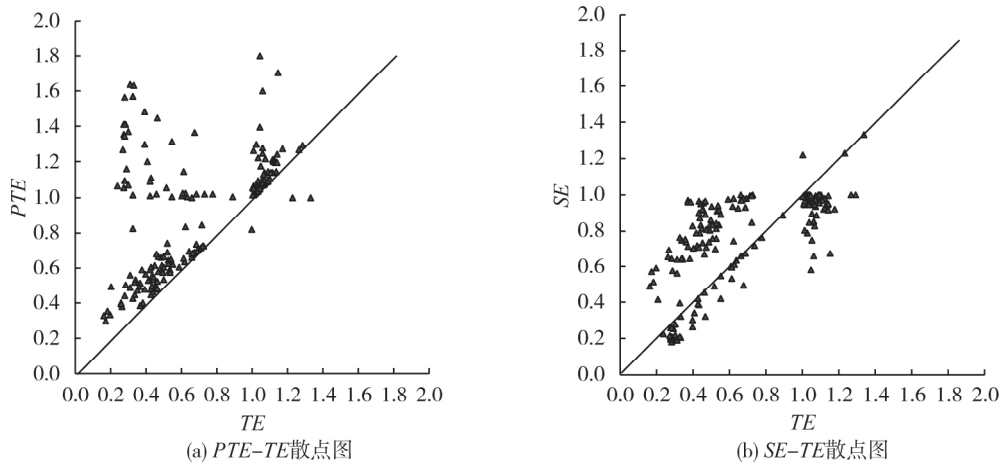


图3 各分解效率与土地利用绿色效率的散点图

3. 城市群绿色效率的空间分析。城市群空间差异增大,绿色效率空间发散趋势明显。分别测算土地利用绿色效率(TE)及其分解的纯技术效率(PTE)和规模效率(SE)的CV系数,观察绿色效率的空间发散情况,如图4所示。城市群土地利用绿色效率(TE)的空间差异在考察期内持续加

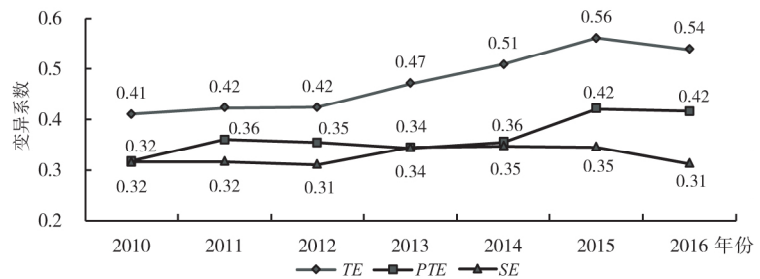


图4 2010—2016年长三角城市群三种效率的空间差异趋势

大,到2015年达到最大(0.56),2016年CV系数降低至0.54,空间差异开始降低。总体来看,三种效率的CV系数在考察期内存在 $TE > PTE > SE$ 的关系,且TE和PTE均有明显的空间发散趋势。具体来看,纯技术效率(PTE)的空间差异除2011—2013年外也呈现不断扩大的趋势;规模效率(SE)的空间差异情况相对稳定,在2012年后略有增加,2015年后又有缩小。

城市群绿色效率呈正相关,空间关联显著。分别测算三种效率的莫然指数,并绘制表1,三种效率的莫然指数都在0.5以上,且通过显著性检验,空间正相关普遍存在。但三种

表1 2010—2016年长三角城市群空间相关系数及显著性检验

Moran's I	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TE	0.703***	0.657***	0.685***	0.741***	0.769***	0.820***	0.732***
PTE	0.653***	0.773***	0.791***	0.665***	0.769***	0.671***	0.683***
SE	0.750***	0.667***	0.658***	0.739***	0.717***	0.707***	0.725***

注:***表明空间莫然指数在1%的显著性水平下显著。

效率的空间关联程度和时间变化趋势存在较大差异,土地利用绿色效率(TE)的空间关联程度在2011—2015年不断上升,2016年略有下降;纯技术效率(PTE)的空间关联程度在考察期内波动最为明显,其值在2010年和2013年较小,在2012年最大,在2016年平缓上升到0.683;规模效率(SE)的空间关联程度的变化趋势与PTE相反,波动幅度较小。

(二) 省际绿色效率分析

1. 省际差异存在,但省际边界影响减弱。由于上海市土地利用绿色效率评价始终最优,仅将其他城市按照省际边界归纳求出土地利用绿色效率均值,与城市群整体土地利用绿色效率均值一起绘制图5。由图中可见,2011年省际土地利用绿色效率差距最小,自2011年后浙江省的土地利用绿色效率均处领先水平,高于城市群整体平均,江苏省在2014—2015年优于安徽,且两省均低于城市群整体平均。

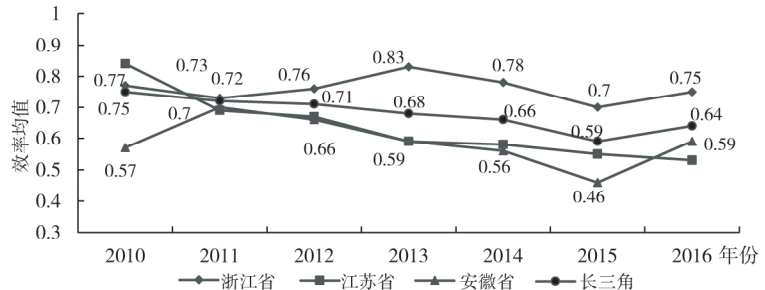


图5 2010—2016年三省土地利用绿色效率均值的比较

在各省内部测算土地利用绿色效率的空间关联程度见表2,考察期内各省内土地利用绿色效率的空间关联程度并未高于、甚至低于城市群整体空间关联程度。浙江和江苏省内空间关联程度在2014年之前高于城市群整体水平,在2015—2016年均有明显下降;安徽省内空间关联程度在2014年之前低于城市群整体水平,但2015年后安徽省内的空间关联程度更强,省际边界对其影响较大。

表2 2010—2016年三省空间相关系数及其显著性检验

Moran's I	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
浙江省	0.736***	0.768***	0.707***	0.754***	0.782***	0.709***	0.584***
江苏省	0.692***	0.776***	0.789***	0.737***	0.785***	0.777***	0.774***
安徽省	0.777***	0.660***	0.614***	0.701***	0.751***	0.909***	0.871***
长三角	0.703***	0.657***	0.685***	0.741***	0.769***	0.820***	0.732***

注:***表明空间莫然指数在1%的水平下显著。

2. 省内空间发散趋势明显。由三省内部土地利用绿色效率CV系数的时间变动趋势(图6)可以看出

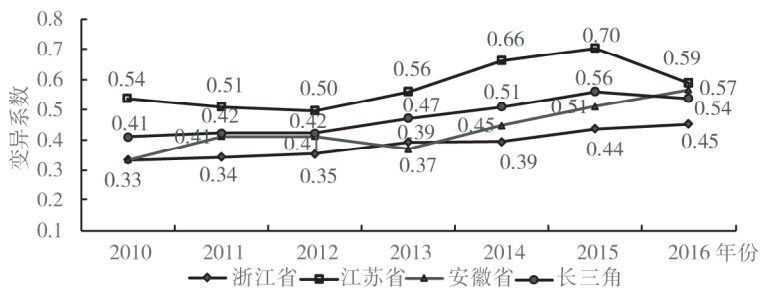


图6 2010—2016年三省土地利用绿色效率空间发散趋势

出,省内的空间差异在考察期内同样有逐渐扩大的趋势;江苏省土地利用绿色效率 CV 系数最高,空间差异最大;浙江省和安徽省的土地利用绿色效率发散程度低于城市群整体发散程度,安徽省的发散程度在 2010—2012 年低于浙江省,但在 2013 年后扩大且高于浙江省,并在 2016 年高于城市群整体水平。

(三) 城际绿色效率分析

1. 城际土地利用绿色效率的空间分布及演化。以效率平均值加减半个标准差作为分类标准^[22]将非有效城市划分为相对低效、中效和高效三类,再与有效城市一起用 ArcGIS 软件绘制 2010 年、2013 年和 2016 年三年的土地利用绿色效率评价的空间分布(图 7)。首先,有效城市的空间分布变动较为明显,多中心协同格局初步形成。2010 年有效城市主要分布在上海市周边和浙江沿海,空间集聚显著;2013 年有效城市空间集聚中心开始分散,截至 2016 年,以东部上海、北部合肥、南部杭州及沿海为核心的多中心格局初显。其次,相对低效和中效评价城市在不同年份交替,土地利用绿色效率评价年份波动较大,有效和高效评价城市相对稳定。

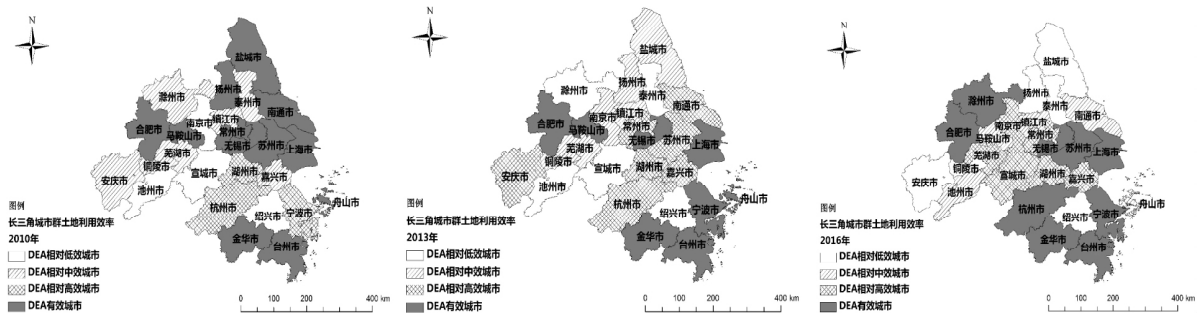


图 7 26 座城市土地利用绿色效率空间分布及演化

2. 无效城市的聚类。依据土地利用绿色效率均值将无效城市分为三类(表 3)。其中第 I 类城市具有较低的土地利用绿色效率均值(TE 范围为 0.23~0.45),包括镇江、安庆、滁州、南京、泰州、宣城、池州、绍兴;第 II 类城市土地利用绿色效率均值居中(TE 范围为 0.46~0.73),包括马鞍山、杭州、湖州、芜湖、南通、常州、铜陵、嘉兴、盐城和扬州;第 III 类城市土地利用绿色效率均值较高(TE 范围为 0.74~0.88),包括宁波和舟山。

表 3 土地利用绿色效率无效城市的聚类

TE 范围	城市个数	无效城市
0.23~0.45	8	镇江、安庆、滁州、南京、泰州、宣城、池州、绍兴
0.46~0.73	10	马鞍山、杭州、湖州、芜湖、南通、常州、铜陵、嘉兴、盐城、扬州
0.74~0.88	2	宁波、舟山

3. 对于无效城市的讨论。基于绿色经济的发展内涵,高经济发展与低环境损耗将共同决定土地利用绿色效率。分别绘制无效城市土地利用绿色效率与人均 GDP、三废排放量逐年均值的散点图,如图 8 所示。从图 8 可以看出,第 I 类城市较低的期望产出水平是其低效评价的主要原因,如池州、绍兴的人均 GDP 分别为上海的 1/5 和 1/3,而其中有些城市的非期望产出(三废)又相对较大,如绍兴、南京和镇江等市。第 II 类城市的人均 GDP 处于城市群中等水平,但其非期望产出普遍较大,典型如杭州市。第 III 类城市宁波和舟山在两类产出表现上更为突出,宁波的经济发展水平较高,但其三废排放量偏多;对于舟山,尽管其经济水平相对较低,但非常少的三废排放量仍能提高其效率评价。

(四) 绿色效率改善的潜力分析

1. 城市群改善潜力分析。挖掘 SSBM 模型测算的无效投入或产出冗余,可以发现改善效率评价的可行方案。为此,定义改善潜力指数(Improved Potential IP),该指数是将测算结果的投入要素和非

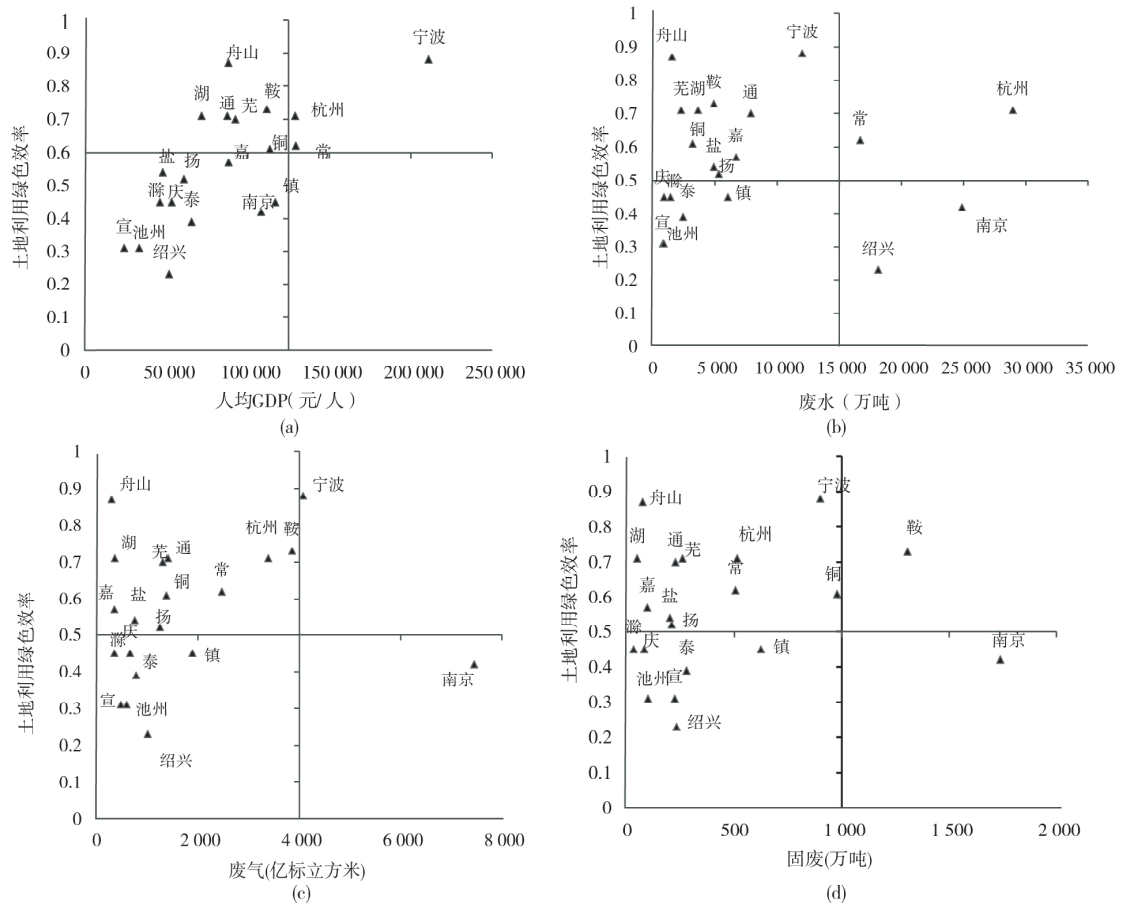


图8 无效率城市土地利用绿色效率与产出的散点图

期望产出的冗余率按一定权重折算的逐年投入和产出平均冗余率^①。绘制潜力指数的时间趋势如图9所示。从投入角度来看,土地要素的改善潜力最大,考察期内几乎都在60%及以上的水平,城市群的城市空间扩张与期望产出增加的速度并不匹配;资本要素的改善潜力略低于土地要素,大约在50%左右;劳动要素的改善潜力指数最低,但在2012年后有加速增长的趋势。非期望产出的改善潜力指数在2013年后均持续增长,且在其最低的2013年三废的改善潜力指数也在50%以上。

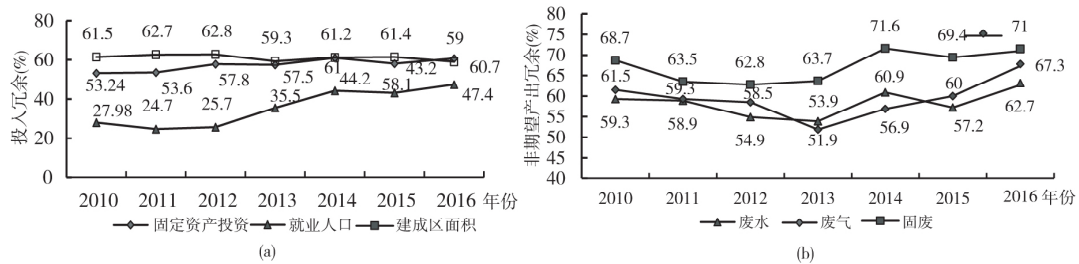


图9 2010—2016年长三角城市群绿色效率各单位要素改善潜力

①这里权重的计算方法: $\bar{\Delta}_{t,u} = \sum_{i=1}^{26} \Delta_{t,i,u} \times w_{t,i,u}$, $\bar{\Delta}_{t,v} = \sum_{i=1}^{26} \Delta_{t,i,v} \times w_{t,i,v}$ 其中 $w_{t,i,u} = \Delta_{t,i,u} / \sum_{i=1}^{26} \Delta_{t,i,u}$, $w_{t,i,v} = \Delta_{t,i,v} / \sum_{i=1}^{26} \Delta_{t,i,v}$, $\Delta_{t,i,u} = s_{input,t,i,u} / input_{t,i,u}$, $\Delta_{t,i,v} = s_{output,t,i,v} - bad_{t,i,v} / output - bad_{t,i,v}$, $s_{input,t,i,u}$ 表示第 t 年、 i 城市、 u 要素的投入冗余数量, $s_{output,t,i,v} - bad_{t,i,v}$ 表示第 t 年、 i 城市、 v 要素的非期望产出冗余数量, $input_{t,i,u}$ 表示第 t 年、 i 城市、 u 要素的实际投入数量, $output - bad_{t,i,v}$ 表示第 t 年、 i 城市、 v 要素的实际非期望产出数量, $i = 1, 2, \dots, 26$, $t = 1, 2, \dots, 7$, u 代表资本、劳动、土地3种投入要素, v 代表废水、废气、固废3种非期望产出要素。

2. 城市效率的改善潜力分析。综合三种投入要素和三种非期望产出的冗余量构造投入改善潜力指数和非期望产出改善潜力指数^① [31], 绘制 2016 年 26 座城市的投入和产出改善潜力, 如表 4。位于生产前沿的 6 座城市投入与非期望产出改善指数均为 0, 但对无效城市而言, 很低的效率评价意味着其在投入和非期望产出中都存在较大的改善空间, 典型如南京、绍兴等市。

表 4 2016 年长三角各城市土地利用的无效原因及改善潜力

城市	综合效率	投入 IP	非期望产出 IP	城市	综合效率	投入 IP	非期望产出 IP
上海	1.14	0	0	南通	0.44	26	16
杭州	1.07	0	0	盐城	0.26	29	22
宁波	1.09	0	0	扬州	0.32	37	25
绍兴	0.16	56	44	镇江	0.44	18	17
嘉兴	0.46	11	11	泰州	0.26	32	15
湖州	0.68	6	0	合肥	1.14	0	0
金华	1.03	0	0	芜湖	0.47	21	9
舟山	0.42	13	3	马鞍山	0.35	16	77
台州	1.04	0	0	铜陵	0.34	12	46
南京	0.47	60	78	宣城	0.47	4	10
无锡	1.03	0	0	安庆	0.33	38	16
常州	0.47	38	26	池州	0.39	5	3
苏州	1.04	0	0	滁州	1.23	0	0

五、结论与政策建议

研究综合利用数据包络分析、空间及统计分析工具, 基于 2010—2016 年长三角城市群 26 座城市的经验数据, 发现城市群土地利用绿色效率的空间特征, 并从投入与产出角度提出可行的效率改善途径。SSBM 模型同时考虑自然资源投入和环境产出, 符合绿色发展效率评价的要求; 并且, 基于模型冗余或松弛能发现城市绿色效率改进的方向, 为政策制定和实施提供现实依据。本文的主要研究结论有: (1) 在考察期内, 长三角城市群土地利用绿色效率不仅无效且有下降的趋势, 纯技术效率和规模效率值均小于 1, 纯技术效率和规模效率耦合影响土地利用绿色效率评价; 其中, 纯技术效率的影响更为积极, 规模效率的负向影响更大。(2) 长三角城市群土地利用的绿色效率空间差异在考察期内有持续增大的趋势, 且三种效率的发散程度存在绿色效率(TE) > 纯技术效率(PTE) > 规模效率(SE) 的相对关系, 规模效率(SE) 的空间差异情况较稳定; 三种效率的空间关联程度和时间变化趋势存在较大差异。(3) 城市群省际土地利用绿色效率差异明显, 浙江省高于城市群平均水平, 江苏省和安徽省低于平均水平, 但省际行政边界的影响在区域一体化进程中不断弱化; 长三角城市群协调可持续发展的绩效明显, 安徽省仍需与城市群的绿色发展密切联系; 2016 年以东部上海、北部合肥、南部杭州及沿海为核心的多中心空间格局初显。(4) 低经济发展速度与高环境损耗是城市土地利用绿色效率无效的主要原因。不同城市依据各自低效的原因和改善的潜力, 调整土地利用中的投入或产出, 是其提升效率的可行途径。

城市群土地利用绿色效率的提升, 既依靠各省市效率的不断改善, 也依赖于城市群整体效率协同效应的发挥, 这需要从城市群的土地利用方式和土地利用制度两个层面共同入手。基于研究结论提出以下政策建议: 首先, 城市群经济发展仍需坚持绿色转型, 通过经济产业结构的调整改变土地利用和产出模式, 改善规模效率负面影响的现状, 持续提升技术效率的积极影响, 实现“规模-技术”双驱动的绿色发展。

①综合改善潜力指数的构建方法: $\rho_i = \frac{\sum z_i w_i}{\sum w_i} \times 100$, $\rho_j = \frac{\sum z_j w_j}{\sum w_j} \times 100$, 其中 $z_i = \frac{x_i - x_{\min}^i}{x_{\max}^i - x_{\min}^i}$, $z_j = \frac{x_j - x_{\min}^j}{x_{\max}^j - x_{\min}^j}$ 分别代表各投入指标

冗余量、非期望产出指标冗余量的标准化结果 $\rho_i = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^2 (x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}}$, $\rho_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^2 (x_j - \bar{x})^2}}{\bar{x}}$ 分别代表各投入指标权重、非期望产出指标权重, i 代表资本、劳动、土地 3 种投入要素, j 代表废水、废气、固废 3 种非期望产出要素。综合改善潜力指数一般在 0 ~ 100 之间, 其值越接近 100, 说明改善潜力越大, 其值越接近于 0, 说明改善潜力越小。

模式;其次,尽管长三角城市群的协调可持续发展绩效明显,但省际土地利用绿色效率差异明显,这就需要进一步突破行政区划的藩篱,创新绿色联动发展机制,缩小长三角城市群土地利用的绿色效率空间差异,打破绿色效率空间发展不平衡的累积循环;再次,各省市应制定差异化的绿色发展策略,依据自己绿色发展低效的原因和改善的潜力,调整土地利用中的投入或产出以提升效率;最后,基于城市群扩容与发展阶段差异的现实,长三角区域土地资源利用的潜力巨大,可进一步创新土地协同利用制度,以加强高效城市和低效城市的空间关联,以技术支持、产业合作等途径实现高效城市带动低效城市的效率提升,进一步挖掘全域土地利用绿色效率的潜力,共同实现绿色区域协调一体化发展。

参考文献:

- [1] 韩君,张慧楠.中国经济高质量发展背景下区域能源消费的测度[J].数量经济技术经济研究,2019(7):42-61.
- [2] QI S R, XU L, JAY S. Integrated environmental-economic accounting of GDP [R]. Chicago: American Agricultural Economics Association, 2001.
- [3] 王兵,唐文狮,吴延瑞,等.城镇化提高中国绿色发展效率了吗? [J].经济评论,2014(4):38-49+107.
- [4] ZHANG X P, LI Y F, WU W J. Evaluation of urban resource and environmental efficiency in China based on the DEA model [J]. Journal of resources and ecology, 2014, 5(1): 11-19.
- [5] ALLEVI E, BASSO A, BONENTI F, et al. Measuring the environmental performance of green SRI funds: a DEA approach [J]. Energy economics, 2018, 26(3): 32-44.
- [6] TOSHIYUKI S, DEREK W. Sustainability development for supply chain management in U.S. petroleum industry by DEA environmental assessment [J]. Energy economics, 2014, 46: 360-374.
- [7] 李兆亮,罗小锋,薛龙飞,等.中国农业绿色生产效率的区域差异及其影响因素分析[J].中国农业大学学报,2017(10):203-212.
- [8] MÜNSTER M, RAVN H, HEDEGAARD K, et al. Economic and environmental optimization of waste treatment [J]. Waste management, 2015, 38(1): 486-495.
- [9] 卢丽文,宋德勇,李小帆.长江经济带城市发展绿色效率研究[J].中国人口·资源与环境,2016(6):35-42.
- [10] 刘成刚,高桂平,庄军.山东省城市经济发展和土地利用效率的实证分析[J].经济师,2005(8):257-259.
- [11] 张雅杰,金海.长江中游地区城市建设用地利用效率及驱动机理研究[J].资源科学,2015(7):1384-1393.
- [12] 岳立,李文波.环境约束下的中国典型城市土地利用效率——基于 DDF-Global Malmquist-Luenberger 指数方法的分析[J].资源科学,2017(4):597-607.
- [13] 张丽萍,刘学录,马晓婧.基于协调度模型的甘肃省开发区土地集约利用评价研究[J].浙江农业学报,2012(5):891-897.
- [14] 陈会广,夏红,肖毅,等.基于灰色关联和主成分分析的农村建设用地集约利用评价——以江苏省为例[J].长江流域资源与环境,2015(8):1331-1336.
- [15] 卢新海,陈丹玲,匡兵.区域一体化背景下城市土地利用效率指标体系设计及区域差异——以长江中游城市群为例[J].中国人口·资源与环境,2018(7):102-110.
- [16] 王文刚,庞笑笑.京津冀地区城市土地利用效率[J].江苏农业科学,2016(4):563-567.
- [17] 杨海泉,胡毅,王秋香.2001—2012年中国三大城市群土地利用效率评价研究[J].地理科学,2015(9):1095-1100.
- [18] 张英浩,陈江龙,高金龙,等.经济转型视角下长三角城市土地利用效率影响机制[J].自然资源学报,2019(6):1157-1170.
- [19] 潘润秋,易子豪,张琴.基于 DEA 模型和 Malmquist 生产效率指数的我国省际土地利用生态效率时空演变[J].江苏农业科学,2018(5):244-249.
- [20] 王德起,庞晓庆.京津冀城市群绿色土地利用效率研究[J].中国人口·资源与环境,2019(4):68-76.
- [21] 杨清可,段学军,叶磊,等.基于 SBM-Undesirable 模型的城市土地利用效率评价——以长三角地区 16 城市为例

- [J].资源科学 2014(4):712-721.
- [22]李长健,苗苗.长江中游城市群土地利用效率测算:现实机理与时空分异[J].中国人口·资源与环境 2017(12):157-164.
- [23]梁流涛,雍雅君,袁晨光.城市土地绿色利用效率测度及其空间分异特征——基于284个地级以上城市的实证研究[J].中国土地科学 2019(6):80-87.
- [24]施建刚,徐天珩.基于VRS-DEA模型与Malmquist指数的工业园区土地利用效率评价——以长三角城市群16个工业园区为例[J].资源科学 2017(6):1026-1036.
- [25]潘丹,应瑞瑶.中国农业生态效率评价方法与实证——基于非期望产出的SBM模型分析[J].生态学报 2013(12):3837-3845.
- [26]TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. European journal of operational research ,2001 ,130(3):498-509.
- [27]COOPER W W ,SEIFORD L M ,TONE K.Data envelopment analysis second edition [M]. Boston: Kluwer Academic Publishers ,2007.
- [28]陈斐.区域空间经济关联模式分析[M].北京:中国社会科学出版社,2008.
- [29]袁华锡,刘耀彬,胡森林,等.产业集聚加剧了环境污染吗?——基于外商直接投资视角[J].长江流域资源与环境 2019(4):794-804.
- [30]任国平,刘黎明,付永虎,等.环境约束下大都市城郊土地利用结构评价——基于信息熵和非期望产出模型分析[J].长江流域资源与环境 2016(6):913-924.
- [31]孔晴.中国环境污染综合指数的构建及其收敛性研究[J].统计与决策 2019(21):122-125.

(责任编辑:刘淑浩;英文校对:葛秋颖)

Spatial Characteristics of Green Efficiency of Land Utilization and Improvement Potential in Yangtze River Delta Urban Agglomeration

TAN Jing , HOU Ruonan

(School of Economics , Anhui University , Hefei 230601 , China)

Abstract: Based on panel data of 26 cities in Yangtze River delta urban agglomeration from 2010 to 2016 , this paper constructs a green efficiency model of land , capital and labor factor input , economic output and undesirable output of three wastes by SSBM model , and finds out the spatial characteristics of efficiency and improvement approaches. Conclusions are as follows. (1) The green efficiency of urban agglomeration show a downward trend during the study period , pure technology efficiency and scale efficiency have a coupling effect on the technology efficiency , and the positive pulling effect of pure technology efficiency is higher than that of scale efficiency. (2) The green efficiency of urban agglomeration not only has spatial correlation , but also has an obvious trend of divergence. The influence of provincial boundaries is not significant. However , Anhui province has a large spatial correlation , it still needs to closely coordinate with the green development of urban agglomeration. (3) The green efficiency of land use in urban agglomerations gradually presents a multi-center spatial pattern. The spatial agglomeration trend centered on Shanghai , Hefei and Hangzhou is highlighted at the end of the survey period. (4) Green efficiency improvement potential index shows that the main reasons of the ineffective green efficiency are low economic development and high environmental loss. So it is suggested that government departments should adjust economic and industrial structure , optimize the resource allocation , innovate the land use system to drive regional green coordinated development.

Key words: land utilization; green efficiency; spatial analysis; improvement potential