

王巧玲, 彭 洁. 环境约束下江西省城镇建设土地利用效率时空演化[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(5): 226–231.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.05.041

# 环境约束下江西省城镇建设土地利用效率时空演化

王巧玲<sup>1</sup>, 彭 洁<sup>2</sup>

(1. 江西农业大学计算机与信息工程学院, 江西南昌 330045; 2. 江西农业大学国土资源与环境学院, 江西南昌 330045)

**摘要:**考虑环境约束, 将工业三废指标作为非期望产出, 运用 SBM – Undesirable 模型对江西省 11 个设区城镇建设土地利用效率进行分析。结果表明, 江西省建设土地利用效率总体处于中等水平, 2013 年后各地市的城镇建设效率逐渐回升, 从赣南到赣北呈现出效率逐渐降低的趋势; 数据包络分析法 (DEA) 无效地区普遍存在投入过量和非期望产出过剩的情况, 投入产出结构不合理, 且地区间差异较大, 但经济产出效率普遍较好。在未来土地利用过程中, 地方政府需要因地制宜优化能源结构和投资、调整产业结构, 减少非期望产出, 优化土地资源配置, 推动绿色发展。

**关键词:**建设用地; 土地利用效率; 非期望产出; SBM – Undesirable 模型

**中图分类号:** F293.2; F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)05-0226-06

城市建设用地在助力城市发展方面起到了非常重要的作用, 随着我国经济由高速增长向高质量发展转变, 高效利用土地是实现社会、经济、生态协调可持续发展的必然要求。根据 2019 年国民经济和社会发展统计公报<sup>[1]</sup>, 截至 2019 年底, 全国常住人口的城镇化率达到了 60.60%, 较 1978 年末增长了 42.70%, 年均增长约 1.02%。城镇化进程加快的同时, 建设用地的数量和空间规模都在不断地增长。某些地方政府官员为了地方的 GDP 目标, 甚至不惜以环境牺牲代价引进一些高耗能、高污染、高排放的企业, 对节能减排带来较大的压力<sup>[2]</sup>。某些地区由于城市建设用地的疯狂扩张, 对耕地、草地、林地等绿色空间进行入侵, 也带来了一系列的环境污染和温室气体排放问题, 土地利用和经济增长未取得协调发展<sup>[3]</sup>。在当前生态文明背景和经济高质量发展的现实需求下, 如何在节能减排的目标下提高城镇建设用地的效率是亟待解决的问题。因此, 对城镇建设用地的利用效率进行科学、合理的评价对于促进节约集约用地和经济高质量发展具有至关重要的意义。

当前学术界从不同的内容、方法、尺度等方面对土地利用效率进行了研究。内容上大多关注城市土地、建设用地、耕地、工业用地等的利用效率,

并深化为探讨土地利用对城市化的影响<sup>[4-6]</sup>; 研究尺度上有省级层面、地区层面 (如长三角、珠三角城市群等)、市级、开发区层面<sup>[7-11]</sup>。李国煜等利用数据包络分析 (DEA) 和面板数据模型对碳约束下福建省城镇建设土地利用效率的动态变化及影响因素进行研究<sup>[7]</sup>; 刘世超等采用 SBM – Undesirable 模型对珠三角等 8 个城市群的土地利用效率进行了研究, 并结合要素冗余度对效率优化路径进行了分析<sup>[8]</sup>; 张浩等将河北省地级市的耕地划分为 3 个层次并用可行广义最小二乘 (FGLS) 法分析 3 个层次的影响因素<sup>[9]</sup>。在研究方法上, 主要包括协调度模型、加权法和主成分分析法、模糊综合评价法、层次分析法 (AHP)、DEA 及系统分析等<sup>[12-16]</sup>, 其中利用 DEA 模型对土地利用效率进行评价最为广泛, 例如张立新等对城市建设用地利用效率的空间格局演化进行分析, 并探讨了其影响因素<sup>[17]</sup>。

上述研究为建设用地利用效率的评价提供了一定的参考, 但仍存在一定的改进空间: (1) 现有研究大多是考虑投入产出等经济和社会因素, 土地利用过程中对环境带来的负面效应理应加以重视, 使得评价结果更具科学性; (2) 国内学术界对土地利用效率的研究首要应用基于规模收益可变的 DEA (VRS – DEA) 模型, 较少考虑非期望产出 (如污染物排放、碳排放等) 因素对土地利用效率的负效应, 评价结果缺乏指导性。研究江西省城市建设用地的利用效率及其时空演化特征不仅为地方政府的土地利用政策提供决策依据, 也有助于未来产业结构优化升级, 进一步促进绿色低碳发展, 从而促进

收稿日期: 2020-06-10

基金项目: 江西省教育厅科技计划 (编号: GJJ180203)。

作者简介: 王巧玲 (1981—), 女, 河南洛阳人, 硕士, 讲师, 主要从事资源与环境经济研究。E-mail: 4027377@qq.com。

社会、经济、生态的协调可持续发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

江西省位于中国的东南部,长江中下游南岸,为长江三角洲、海峡西岸和珠江三角洲三大经济区的中心腹地,全省土地总面积有 16.69 万 km<sup>2</sup>, 占国土总面积的 1.7%, 共有 11 个设区市。近年来,江西省相继被列为国家首批生态文明试验区和长江中游城市群、长江经济带等重要发展规划中。在当前高质量发展的要求下,促进产业结构优化升级,推动绿色低碳发展,以最少的土地资源消耗支撑经济社会持续发展至关重要,其关键在于提升城市土地的利用效率<sup>[9]</sup>。因此,对江西省城市建设用地利用效率的时空演化进行研究,将为进一步讨论土地利用、经济发展及环境保护之间协调可持续发展提供决策支持。

### 1.2 数据来源与处理

研究数据来源于《中国城市统计年鉴》《江西统计年鉴》。此外,考虑到通货膨胀等外部价格因素的影响,将固定资产投资额及 GDP 折算为以 2010 年为基准的不变价,消除了外部价格因素对数据的影响。

### 1.3 研究方法

**1.3.1 数据包络分析法** DEA 是一种基于被评价对象间相对比较的非参数技术效率分析方法,运用数学线性规划评价多投入多产出模式下决策单元(decision making unit, 简称 DMU) 间的相对有效性<sup>[18]</sup>。2001 年,SBM(slack based model)模型和加入非期望产出的 SBM - Undesirable 模型被提出<sup>[18]</sup>,不仅解决了传统模型中无法避免的投入产出变量松弛问题,而且能够更准确测算出环境约束下的效率分析。假设有  $n$  个 DMU, 每个 DMU 有  $m$  种投入( $x \in R_m$ )、 $s_1$  种期望产出( $y^g \in R_{s_1}$ )和  $s_2$  种非期望产出( $y^b \in R_{s_2}$ )。定义矩阵:

$X = (x_{ij}) \in R_{m \times n}$ ,  $Y^g = (y_{ij}^g) \in R_{s_1 \times n}$ ,  $Y^b = (y_{ij}^b) \in R_{s_2 \times n}$ ,  $X > 0$ ,  $Y^g > 0$ ,  $Y^b > 0$ 。

以及其可能的生产集  $P$ :

$P = \{ (x, y^g, y^b) / x \geq X\lambda, y^g \geq Y^g\lambda, y^b \geq Y^b\lambda, \lambda \geq 0 \}$ 。 (1)

式中, $x_{ij}$ 表示第  $j$  个 DMU 的第  $i$  种投入; $X$  表示投入矩阵; $y_{ij}^g$ 、 $y_{ij}^b$  分别表示第  $j$  个 DMU 的第  $i$  种期望产出和非期望产出; $Y^g$ 、 $Y^b$  分别表示期望产出和非期望产

出矩阵; $\lambda$  表示各投入产出的权重向量。

考虑非期望产出的 SBM - Undesirable 模型:

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^- / X_{i0}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left( \sum_{r=1}^{s_1} S_r^g / y_{r0}^g + \sum_{r=1}^{s_2} S_r^b / y_{r0}^b \right)}; \quad (2)$$

$$s. t. \begin{cases} X_0 = X\lambda + S^- \\ y_0^g = Y^g\lambda - S^g \\ y_0^b = Y^b\lambda + S^b \\ S^- \geq 0, S^g \geq 0, S^b \geq 0, \lambda \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

式中, $\rho^*$  为目标函数; $X_0$ 、 $y_0^g$ 、 $y_0^b$  分别表示 DMU 的投入、期望产出和非期望产出指标的值, $S^-$ 、 $S^g$ 、 $S^b$  分别表示投入冗余量、期望产出不足量和非期望产出超出量; $X_{i0}$ 、 $y_{r0}^g$ 、 $y_{r0}^b$  分别表示 DMU 的第  $i$  种投入、第  $r$  种期望产出和第  $r$  种非期望产出指标的值; $S_i^-$ 、 $S_r^g$ 、 $S_r^b$  分别表示第  $i$  种投入冗余量、第  $r$  种期望产出不足量和非期望产出超出量; $\rho^*$  的取值范围为  $0 \leq \rho^* \leq 1$ 。当且仅当  $S^- = 0$ 、 $S^g = 0$ 、 $S^b = 0$  时, $\rho^* = 1$ ,才为 DEA 有效;而  $S^- \neq 0$  或  $S^g \neq 0$  或  $S^b \neq 0$  时,处于 DEA 无效状态,存在效率改进的空间。

SBM - Undesirable 模型同时从产出和投入对非 DEA 有效情况进行测算,排除了角度及径向对数据造成的影响,不仅能够很好地区分效率值的差异,且能对城镇建设用地的利用效率进行更精确的测算,更贴合实际。利用松弛变量可分析投入冗余或期望产出不足、非期望产出过高的情况,另外也可分析规模效率或纯技术效率较低导致的 DEA 无效,从而为进一步提升利用效率提供支持。

**1.3.2 指标体系** 评价土地利用效率不仅要注重其社会效益,还应考虑土地利用过程中对生态环境产生的负效应。构建的投入产出指标体系见表 1。

**投入指标:**将土地、资本和劳动力作为各设区市的投入指标,依次用城市建设用地面积、固定资产投资额以及第二、三产业从业人员数表示。

**期望产出指标:**主要考虑经济效益,选取各地级市的地区生产总值(GDP)来表示,可以直接反映出土地利用的正向产出情况。

**非期望产出指标:**本研究将工业三废的排放量作为非期望产出指标,体现了城市土地利用活动中由于不合理的利用方式对生态环境所产生的负效应,其中将工业废气排放总量细化为工业二氧化硫、氮氧化物以及工业烟粉尘排放量。鉴于指标数

据的适宜性,将工业废水排放量、工业二氧化硫排放量、工业氮氧化物排放量、工业烟粉尘排放量以及一般工业固体废物产生量,运用变异系数法来确定权重,利用综合加权法最终得到工业三废综合加权值作为土地利用对环境产生的负效应。

表 1 投入产出指标体系

指标类型	一级指标	二级指标
投入指标	土地投入	城市建设用地面积(km <sup>2</sup> )
	资本投入	固定资产投资额(万元)
	劳动投入	第二、三产业从业人员(万人)
产出指标	期望产出	地区生产总值 GDP(亿元)
	非期望产出	环境负效应 工业三废综合加权值

2 研究结果与分析

2.1 江西省城镇建设用地利用效率时空演化特征分析

2.1.1 城镇建设用地总体利用效率 利用 Excel 对原始的投入产出数据处理,应用 DEA Solver pro 5.0 对数据进行测算,先利用 BCC 模型得到 11 个设区市不含非期望产出的总体效率,再用 SBM - Undesirable 模型得到各设区市建设用地的总体利用效率,并将二者结果进行对比,同时计算出历年间建设用地利用效率的变异系数,结果见图 1。

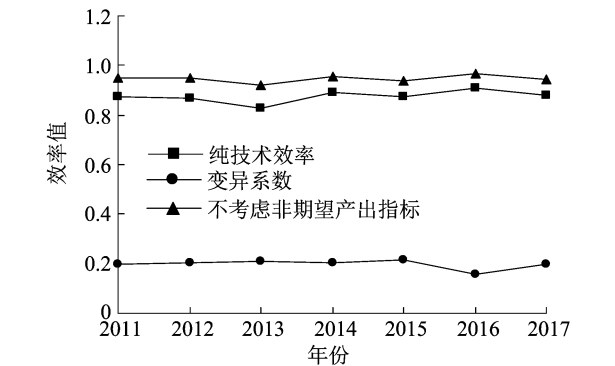


图 1 2011—2017 江西省建设用地利用效率及变异系数变化

由图 1 可知,若不考虑非期望产出,建设用地的利用效率值要高于考虑非期望产出的效率值,整体平均增幅达到了 7.20%,最大增幅达到了 9.33%,这说明非期望产出对土地的利用效率存在一定程度的负效应。总体上,江西省建设用地的利用效率处于中等水平,2011—2017 年间大致分为 2 个阶段:第一阶段为 2011—2013 年利用效率略有下降,而变异系数基本持平,在此期间,江西省各设区市对建设用地的利用大部分集中在建成区周边的闲置用地,以中心圆向外扩散的模式对城市周边闲置

用地进行占用,造成土地利用低效状况明显;第二阶段为 2013 年后,利用效率回升至一定水平并带有小幅度波动,在 2016 年达到峰值,而变异系数也在 2016 年达到下限,说明 2016 年各地市间的效率差距最小,其主要原因是在城市发展过程中,土地短缺问题逐渐显露出来,加强了对土地综合整治、节约集约利用的强度,使土地利用的无效状态得到了极大改善。

2011—2017 年间江西省各设区市城市建设用地利用效率见表 2,空间分布见图 2。研究期内江西省各设区市城镇建设用地利用效率的平均值为 0.866,在 11 个设区市中只有 4 个市(南昌市、吉安市、赣州市、鹰潭市)在 7 年间均达到了 DEA 有效,其他大部分城市都处在非 DEA 有效的状态,且地区间利用效率的整体差异程度比较显著,其中景德镇市效率最低,利用效率均值只有 0.537,其次是萍乡、九江。其中南昌市是江西的省会城市,处于经济发展的中心区域,服务业较发达,高新技术企业占比较高,产业集聚化程度高,因此总体建设用地利用效率最高。而赣州市近几年由于国家赣南苏区政策倾斜,发展势头较好,建设用地利用效率次高。九江市在历史上就是长江上的交通要道、重要港口,是江西的重要的工业发展基地,研究期内 GDP 一直位于江西省内第三,但由于工业较其他地方发达,因而产生的工业三废等非期望产出也较高,带来的生态环境负效应影响最大,因此总体利用效率偏低;而景德镇以传统的陶瓷、航空业等为支撑,科技创新型的新兴产业较少,产业集聚化程度较低,建设用地利用效率最低。总体上,整个江西省的城镇建设用地利用效率从赣南到赣北呈现从效率最优到无效利用的递减趋势。而萍乡市除 2017 年外,每年利用效率都未达到平均水平,这是由于萍乡过于依赖煤炭资源的能源结构,近年来由于大力发展采矿业,导致许多土地被开采挖毁,而矿山修复的工作又非常漫长,导致土地利用效率持续走低。

2.1.2 城镇建设用地利用效率的分解 对江西省 11 个设区市建设用地利用总体效率的时空变化作了分析,但未揭示出效率变化的影响机制和 DEA 无效潜在的原因。将研究期内城镇建设用地利用的技术效率(TE)分解为规模效率(SE)和纯技术效率(PTE),结果见表 3。

表 3 的结果表明,各地区城镇建设用地的综合

表 2 2011—2017 年江西省建设用地利用效率

城市	分年度利用效率							
	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	均值
南昌市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
景德镇市	0.537	0.550	0.644	0.534	0.535	0.618	0.612	0.537
萍乡市	0.583	0.578	0.524	0.528	0.577	0.581	0.632	0.583
九江市	0.641	0.617	0.664	0.625	0.909	0.646	0.623	0.641
新余市	1.000	1.000	0.640	1.000	1.000	1.000	0.490	1.000
鹰潭市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
赣州市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
吉安市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
宜春市	1.000	0.785	0.754	0.731	1.000	1.000	1.000	1.000
抚州市	0.768	0.718	0.844	0.785	0.822	0.748	0.673	0.768
上饶市	1.000	1.000	1.000	1.000	0.475	0.786	1.000	1.000
平均值	0.866	0.841	0.825	0.837	0.847	0.853	0.821	0.866

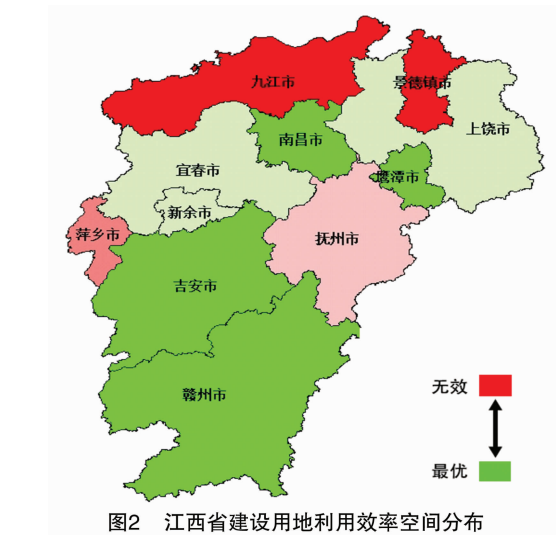


图2 江西省建设用地利用效率空间分布

技术效率均值在 2011 年、2014 年、2017 年分别为 0.866、0.837、0.821,达到最优水平的 82% ~ 86%, 2011 年、2014 年、2017 年分别有 7 个、6 个、6 个达到了综合技术效率的 DEA 有效,分别占 11 个设区市的 63.6%、54.5%、54.5%;达到有效性 0.6 ~ 0.79 的分别占 18.1%、7.2%、36.4%;有效性 0.6 以下的分别占 18.1%、18.1%、9.1%。由此得到, 2011—2017 年江西省城镇建设用地平均技术效率处于中等偏上水平,并未达到理想状态。除 2014 年,研究期间内纯技术效率的 DEA 有效数与技术效率的 DEA 有效数基本持平,分别占总数的 63.6%、54.4%,而 2014 年有 8 个,占总数的 72.7%,比 2011 年增长了 9.1%。

表 3 2011、2014、2017 年各地建设用地利用效率分解

城市	2011 年			2014 年			2017 年		
	技术效率	纯技术效率	规模效率	技术效率	纯技术效率	规模效率	技术效率	纯技术效率	规模效率
南昌市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
景德镇市	0.537	0.596	0.902	0.534	0.610	0.874	0.612	0.615	0.995
萍乡市	0.583	0.583	1.000	0.528	0.537	0.984	0.632	1.000	0.632
九江市	0.641	0.654	0.981	0.625	0.627	0.998	0.623	0.812	0.767
新余市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.490	0.555	0.883
鹰潭市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
赣州市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
吉安市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
宜春市	1.000	1.000	1.000	0.731	1.000	0.731	1.000	1.000	1.000
抚州市	0.768	0.782	0.982	0.785	1.000	0.785	0.673	0.675	0.998
上饶市	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
均值	0.866	0.874	0.988	0.837	0.889	0.943	0.821	0.878	0.934

研究期内江西省城镇建设用土地利用效率的分解变化见图 3,其中纯技术效率均值为 0.875,规模效率均值为 0.961,整体上规模效率优于纯技术效率,说明江西省各地的经济发展主要依赖于投入的规模效应。

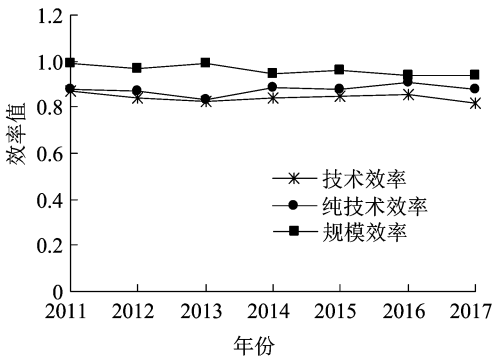


图3 2011—2017 年江西省建设用土地利用效率分解变化

2.2 江西省建设用土地利用效率改善途径

对原始数据进行投入及产出量的松弛性分析,从

而探寻江西省城镇建设用土地利用效率处于 DEA 无效的缘由,并得出各地市投入产出可能的改善途径及潜力。对 2017 年的测算结果进行分析,得到各地市建设用土地利用效率无效缘由和待改善情况见表 4。

由表 4 可见,在江西省城镇建设用土地利用效率非 DEA 有效的地市中,不同地市的投入产出待改善程度差异较为明显。其中,景德镇市和抚州市建设用土地、固定资产投资、二三产业从业人数投入均有冗余,同时非期望产出过量,特别是 2017 年景德镇建设用土地面积的投入冗余高达 28.175 km<sup>2</sup>;新余地区固定资产投资和二、三产业从业人数投入有冗余,非期望产出过量,特别是第二、三产业从业人员的投入冗余值达到了 112.127 万人。总之,综合利用效率非 DEA 有效地区普遍存在投入规模和结构不合理现象,投入冗余并伴随着工业三废非期望产出的排放过量、生态环境污染严重,但各地改善途径有所不同。

表 4 2017 年江西省城市建设用土地利用效率无效缘由

城市	效率值	投入冗余部分			产出过量部分	产出不足部分
		城市建设用地面积(km <sup>2</sup> )	固定资产投资额(万元)	第二、三产业从业人员(万人)	污染综合加权值	GDP(2010 = 100)(亿元)
南昌市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
景德镇市	0.615	28.175	1 034 767.871	7.011	2 294.900	0.000
萍乡市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
九江市	0.812	0.000	0.000	14.757	5 147.098	0.000
新余市	0.555	0.000	1 395 850.537	112.127	9 297.255	0.000
鹰潭市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
赣州市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
吉安市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
宜春市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
抚州市	0.675	13.692	1 279 190.541	46.975	985.768	0.000
上饶市	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

另外,各地区的期望产出未出现产出不足的情况,由此可见江西省各地市的经济效率较优。因此,各地市提高建设用土地利用效率的有效途径就是进一步优化资源配置,优化能源结构和产业结构,尽量降低工业三废等环境负效应产物的产出,进一步提升生态效益。

2.3 政策建议

通过国土空间规划等方式对现有的存量建设用土地利用合理,利用产业集聚和合理的产业规划引导土地的集约化利用;各地应因地制宜制定土地利用政策,对于土地利用效率低下的地区应继续对产业结构优化升级,提高资源利用效率,优化能源结

构,加大新型绿色能源(如风能、太阳能)的投入比例,降低化石能源的消耗,减少对环境产生负效应,同时引导固定资产投资和外商投资向高新技术产业投资;鼓励企业进行科技创新,加大和高校、科研机构的合作,促进科技成果的转化,加大研发力度,发挥技术要素的作用,激励企业实现绿色低碳发展,另一方面利用排污权交易和碳交易、碳税等环境政策工具激励企业积极进行清洁生产,从而提高土地利用效率,促进经济、社会、生态的协调可持续发展。

3 结论与讨论

考虑非期望产出对环境的影响,构建了 SBM -

Undesirable 模型,分析了江西省 11 个设区市的城镇建设用土地利用效率的时空演化特征及部分地区建设用土地利用效率无效的原因,得到以下结论:(1) 不将非期望产出纳入评价体系所测算的城镇建设用土地利用效率值可能会高于其真实的效率值,忽视了土地利用中相应带来的负面影响,不够科学。(2) 江西省 11 个设区市的城镇建设用土地利用效率总体水平处于中等略偏上的水平,在空间上呈现出非均匀分布的特征。其中南昌市、赣州市、上饶市(除 2015 年外)、吉安市以及鹰潭市均处于 DEA 有效状态,整体利用效率较高的地区集中分布在赣南和赣中地区;而景德镇市和九江市在 2011—2017 年间均处于 DEA 无效状态,集中分布在赣北地区;整个江西省的城镇建设用土地利用效率从赣南到赣北呈现出由效率最优到无效利用的递减趋势。(3) 通过对城镇建设用土地利用效率松弛变量分析发现,研究期内 11 个设区市的经济效益都不存在产出不足的情况,说明各地区均“以经济建设为中心”。DEA 无效的各地市均存在投入冗余、环境负效应产出过量的现象,通过 SBM - Undesirable 模型对投入产出进行松弛性分析而得到定量的改善程度。根据 2017 年的投入产出定量分析,景德镇市和抚州市除 GDP 外全部都要调整,新余市的生态环境负效应最大,需要加大生态环境整治力度,降低对环境带来的负效应。(4) 从效率分解的角度,研究期内江西省各个设区市的建设用土地利用效率处于中等偏上水平,整体上呈现出规模效率 > 纯技术效率 > 技术效率的特征,依然主要依赖于投入的规模效应。

随着经济发展和城镇化进程的加速,对建设用土地利用时必须系统化地统筹考虑各要素间的协调,提高建设用土地利用效率是实现土地资源可持续利用和坚守十八亿亩耕地红线的必然。面对现实中区域发展不协调不平衡的现实,一方面要科学、合理地对现有土地资源合理分配,另一方面要协调好土地开发利用和保护生态环境之间的关系,全面促进社会、经济、生态可持续发展。本研究在评价城镇建设用土地利用效率指标体系中加入了部分非期望产出指标,对江西省城镇建设用土地利用效率进行评价,并对其时空演化特征进行分析,以便为未来因地制宜制定土地利用政策,促进土地利用和经济发展协调可持续发展提供决策支持。但本研究只选取 2011—2017 年的数据,时间跨度不是很大,非期望产出只选取工业三废的相关数据,未考虑碳排

放带来的影响,因此分析评价具有一定的局限性,有待进一步完善和研究。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国 2019 年国民经济和社会发展统计公报[R]. 北京:国家统计局,2019.
- [2] Han H B, Zhang X Y. Exploring environmental efficiency and total factor productivity of cultivated land use in China[J]. Science of the Total Environment, 2020, 726: 138434.
- [3] Tang P C, Yang S W, Fu S K. Do political incentive affects China's land transfer in energy - intensive industries? [J]. Energy, 2018, 164: 550 - 559.
- [4] 张雅杰, 金海. 长江中游地区城镇建设用土地利用效率及驱动机理研究[J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1384 - 1393.
- [5] 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, 35(9): 1095 - 1100.
- [6] Zhong T, Mitchell B, Huang X. Success or failure: evaluating the implementation of China's national generate land use plan (1997—2010) [J]. Habitat International, 2014, 44: 93 - 101.
- [7] 李国煜, 王嘉怡, 曹宇, 等. 碳排放约束下的福建省城镇建设用土地利用效率动态变化与影响因素[J]. 中国土地科学, 2020, 34(4): 69 - 77.
- [8] 刘世超, 柯新利. 中国城市群土地利用效率的演变特征及提升路径[J]. 城市问题, 2019(9): 54 - 61.
- [9] 金贵, 邓祥征, 赵晓东, 等. 2005—2014 年长江经济带城市土地利用效率时空格局特征[J]. 地理学报, 2018, 73(7): 1242 - 1252.
- [10] 杨清可, 段学军, 叶磊, 等. 基于 SBM - Undesirable 模型的城镇土地利用效率评价——以长三角地区 16 城市为例[J]. 资源科学, 2014, 36(4): 712 - 721.
- [11] 梁流涛, 赵庆良, 陈聪. 中国城市土地利用效率空间分异特征及优化路径分析——基于 287 个地级以上城市的实证研究[J]. 中国土地科学, 2013, 27(7): 48 - 54.
- [12] 李植斌. 一种城市土地利用效益综合评价方法[J]. 城市规划, 2000(8): 62.
- [13] 罗罡辉, 吴次芳. 城市用地效益的比较研究[J]. 经济地理, 2003(3): 367 - 370, 392.
- [14] 黄奕龙, 王仰麟, 卜心国, 等. 城市土地利用综合效益评价: 城际比较[J]. 热带地理, 2006, 26(2): 145 - 150.
- [15] 黄金川, 林浩曦, 陈明. 2000—2013 年中国城市群经济绩效动态实证分析——基于 DEA 和 Malmquist 生产率指数法[J]. 地理科学进展, 2017, 36(6): 685 - 696.
- [16] 吴振华, 雷琳, 王亚蓓. 基于三阶段 DEA 模型的农业土地利用效率评价——以河南省和江苏省为例[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(16): 317 - 321.
- [17] 张立新, 朱道林, 杜挺, 等. 基于 DEA 模型的城镇建设用土地利用效率时空格局演变及驱动因素[J]. 资源科学, 2017, 39(3): 418 - 429.
- [18] 成刚. 数据包络分析方法与 MaxDEA 软件[M]. 北京: 知识产权出版社, 2014: 62 - 82.