

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2024.01.009.

潘莹莹, 姜博, 李梦珍, 等. 基于超效率 SBM 模型的东北三省城市土地利用效率时空差异及影响因素[J]. 水土保持研究, 2024, 31(1): 408-416.

Pan Yingying, Jiang Bo, Li Mengzhen, et al. Spatial and Temporal Differences and Influencing Factors of Urban Land Use Efficiency in Three Provinces of Northeast China Based on Super-SBM Model[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024, 31(1): 408-416.

基于超效率 SBM 模型的东北三省城市 土地利用效率时空差异及影响因素

潘莹莹, 姜博, 李梦珍, 刘新阳

(东北农业大学 公共管理与法学院, 哈尔滨 150030)

摘 要: [目的]探究东北三省城市土地利用效率时空差异及影响因素,为东北三省和其他欠发达地区的城市高质量发展和优化国土空间格局提供借鉴参考。[方法]运用超效率 SBM 模型、非参数核密度估计以及 Tobit 回归模型对 2010—2020 年东北三省城市土地利用效率时空差异及影响因素进行分析。[结果](1) 从时间演变特征来看,东北三省城市土地利用效率均值呈显著上升趋势,但整体水平不高;从空间演变特征来看,区域差异显著,低值区城市数量大幅度减少,高值区城市增多,高值区城市分布范围从黑龙江覆盖至东北三省全域。(2) 从时序动态演进特征来看,研究期间不同时段内三大省份城市土地利用效率的极化程度、效率差异和发展水平都呈现出不同的动态演进特征。(3) 从影响因素分析来看,各变量对辽宁、吉林、黑龙江三省城市土地利用效率的影响程度和作用方向有所差异,人力资本、科教支出、经济发展水平、对外开放程度、产业结构、交通基础设施和城镇化率具有促进作用,环境规制具有抑制作用。[结论]实现城市高质量发展和土地集约高效利用,各城市应因地制宜、因城施策,从刺激经济增长、产业结构优化升级、优化营商环境、做好人才和资金引进工作等方面系统推进。

关键词: 城市土地利用效率; 时空差异; Super-SBM; 东北三省

中图分类号: F299.23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2024)01-0408-09

Spatial and Temporal Differences and Influencing Factors of Urban Land Use Efficiency in Three Provinces of Northeast China Based on Super-SBM Model

Pan Yingying, Jiang Bo, Li Mengzhen, Liu Xinyang

(School of Public Administration and Law, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: [Objective] Exploring the spatial and temporal differences in urban land use efficiency and the influencing factors in the three northeastern provinces can provide reference for high-quality urban development and optimization of territorial spatial pattern in the three northeastern provinces and other less developed regions. [Methods] Spatial and temporal differences in urban land use efficiency and the influencing factors in three northeastern provinces from 2010 to 2020 were analyzed by using super-efficient SBM model, non-parametric kernel density estimation and Tobit regression model. [Results] (1) In terms of temporal evolution characteristics, the average value of urban land use efficiency in the three northeastern provinces showed a significant upward trend, but the overall level was not high. In terms of spatial evolution characteristics, there were significant regional differences, the number of cities in the low value area decreased significantly, the number of cities in the high value area increased, and the distribution range of cities in the high value area

收稿日期: 2022-11-20

修回日期: 2022-12-20

资助项目: 东北农业大学国土空间规划与管理学科团队项目(54940512); 黑龙江省自然科学基金面上项目(G2018003)

第一作者: 潘莹莹(1998—), 女, 山东泰安人, 硕士研究生, 研究方向: 区域发展与土地利用。E-mail: 2996048082@qq.com

通信作者: 姜博(1979—), 男, 吉林四平人, 教授, 博士, 研究方向: 城市与区域发展。E-mail: jiangbo_1979@163.com

<http://stbcyj.paperonce.org>

covered the whole area of the three northeastern provinces from Heilongjiang. (2) In terms of the dynamic evolution characteristics of time series, the polarization degree, efficiency difference and development level of urban land use efficiency in the three provinces showed different dynamic evolution characteristics in different time periods during the study period. (3) From the analysis of influencing factors, the degree and direction of influence of each variable on urban land use efficiency in Liaoning, Jilin and Heilongjiang provinces differed, with human capital, expenditure on science and education, level of economic development, degree of openness to the outside world, industrial structure, transportation infrastructure and urbanization rate having a facilitating effect and environmental regulation having an inhibiting effect. [Conclusion] To achieve high-quality urban development and intensive and efficient use of land, each city should systematically promote from stimulating economic growth, optimizing and upgrading industrial structure, optimizing the business environment, and doing a good job of introducing talents and capital according to local conditions and city-specific policies.

Keywords: urban land use efficiency; spatial and temporal differences; Super-SBM; three provinces in north-east China

土地是城市发展的基础和保障,城市土地利用是否集约高效关乎城市可持续发展。中国城镇化率由 2010 年的 49.68% 增长至 2020 年的 63.89%,城市建成区面积由 2010 年的 40 058.0 km² 增长至 2020 年的 60 721.3 km²,城市化进程稳步前进,城市用地不断扩张。2020 年,我国已实现全面建成小康社会的宏伟目标,进入到基本实现社会主义现代化的关键时期,在新常态和新形势下,不少城市出现土地资源消耗强度过大和土地生态压力增加等^[1]土地配置利用问题^[2]。我国在“十四五规划”中明确指出:“完善城镇化国土空间布局,推动城市国土空间结构优化和品质提升。”随着经济体制改革和发达地区虹吸效应持续凸显,20 世纪 90 年代之后,东北三省出现了产能过剩、产业粗放、人口增长缓慢且持续流失、城市用地无限扩张、土地粗放利用等一系列问题。因此,加强东北三省城市土地配置利用效率差异的研究,对于应对新时期所面临的问题和挑战,实现城市用地经济效益、社会效益和生态效益可持续协调发展具有重要意义。

城市土地利用效率是指单位城市土地面积上投入要素与产出要素之间的关系,投入要素包括土地要素、劳动要素、资本要素,产出要素包括经济要素、社会要素、生态要素、非期望产出要素,以寻求期望产出最大化和非期望产出最小化来促进城市发展。已有文献对城市土地利用效率研究成果颇丰,主要从不同理论视角下围绕效率测度、影响因素等方面进行研究。城市土地利用效率测度主要从评价指标体系的构建和评价方法两方面展开,评价指标体系从单指标发展为多指标,同时环境约束与非期望产出也逐渐纳入考察体系,如 Jing Liu 以“土地利用和粮食生产—经济发展—生态保护”为基础构建了城市土地利用效

率框架^[3]。Li Chaopeng 等利用联合国可持续发展目标(SDG 11.3.1)的指标和联合国元数据给出的方法,计算了 1990—2000 年 333 个城市和 2000—2015 年 391 个城市在欧亚大陆 4 个地理分区的 PGR(人口增长率)、LCR(土地消耗率)和 LCRPGRs(土地消耗率/人口增长率)^[4]。苗建军等选取资本要素、劳动要素、土地要素作为投入指标,二三产业增加值作为期望产出指标,工业废水、工业二氧化硫和工业烟粉尘排放量作为非期望产出指标对长三角城市群城市土地利用效率进行研究^[5]。评价方法主要从综合评价法发展为参数法与非参数法,如 Ling Zhang 等结合了决策试验和评估试验法,利用 Bi-TOPSIS 方法和收敛模型的优点对中国江苏的 13 个城市土地利用效率进行实证研究^[6]。刘书畅等通过“一步法”随机前沿生产函数模型,对中国 284 个城市的土地利用效率时空分异特征进行研究^[7]。宋洋等利用 DEA 模型对京津冀城市群县域城市土地利用效率时空格局与驱动因素进行了探索^[8]。研究尺度主要集中在全国^[9]、主要城市群^[10]、长江经济带^[11]以及发达地区的主要省市^[12],研究视角主要从绿色发展理念^[13]、环境约束^[14]、空间视角^[15]、经济转型^[16]、新型城镇化^[17]、旅游发展等^[18]方面进行切入研究,影响因素方面,学者们主要对影响城市土地利用效率的单个因素^[19-20]以及综合因素^[21-22]两大类进行研究,研究方法主要采用 Tobit 模型^[23]、空间面板计量模型^[1-2]、地理探测器模型等^[24]回归模型。

综上所述,现有研究中使用较多的传统 SBM-Undesirable 模型无法对有效决策单元作进一步研究,城市土地利用效率区域差异的时序动态演进特征研究也较薄弱,关于欠发达地区城市土地利用效率测

度及影响因素的文献较少,特别是城市衰落尤为严重的东北三省。鉴于此,本文以东北三省 34 个地级市为研究对象,采用超效率 SBM 模型、非参数核密度估计以及 Tobit 回归模型对 2010—2020 年东北三省城市土地利用效率时空差异、时序动态演进特征及影响因素进行分析。以拓展城市及其土地利用效率研究的广度和深度,为东北三省和其他欠发达地区的城市高质量发展和优化国土空间格局提供借鉴参考。

1 研究方法、指标选取与数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 Super-SBM 模型 Tone 提出的 Super-SBM 模型,在继承了传统 DEA 模型与 SBM 模型的特点的基础上,该模型允许在土地利用效率评价指标体系中纳入多个非期望产出指标,考虑了投入或产出的松弛性问题并对效率值大于等于 1 的决策单元进一步研究。其模型表达式如下:

$$\rho^* = \min \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{\frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{\bar{y}_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{u=1}^{s_2} \frac{\bar{y}_u^b}{y_{u0}^b} \right)} \quad (1)$$
$$s.t. \begin{cases} \bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j x_j & j=1, \dots, m \\ \bar{y}^g \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j^g & r=1, \dots, s_1 \\ \bar{y}^b \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j y_j^b & l=1, \dots, s_2 \\ \bar{x} \geq x_0, \bar{y}^g \leq y_0^g, \bar{y}^b \geq y_0^b, \lambda \geq 0 & \sum_{j=1, \neq 0}^n \lambda_j = 1 \end{cases} \quad (2)$$

式中: ρ^* 为效率值, ρ^* 值越大,城市土地利用效率水平越高; x 为投入; y^g 为期望产出; y^b 为非期望产出;变量上面加“ $-$ ”表示投影值;变量带有下标 0 的为被评价决策单元; λ 为权重。

1.1.2 核密度估计 核密度估计是一种通过对变量的概率密度进行估计,用密度曲线描述变量分布位置、形态、峰值、延伸性等动态演进特征的空间分布非均衡的非参数检验方法,其公式为:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x_i - \bar{x}}{h}\right) \quad (3)$$

式中: K 为核函数; n 为观测值个数; h 为带宽; x_i 为观测值; \bar{x} 为均值。本文选用随机变量 x 服从正态分布的高斯核函数对东北三省城市土地利用效率动态演进特征进行估计,其表达式如下:

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\bar{x}^2}{2}\right) \quad (4)$$

1.1.3 Tobit 回归模型 以极大似然概念为基本原

理的 Tobit 模型^[25],能够解决本文采用 Super-SBM 模型所测算的效率值受限问题。因此本文选择 Tobit 模型对东北三省城市土地利用效率影响因素进行探究,其表达式如下:

$$Y = \begin{cases} Y^* = \alpha + \beta x + \mu & (Y^* > 0) \\ 0 & (Y^* \leq 0) \end{cases} \quad (5)$$

式中: Y 为被解释变量; Y^* 为效率值变量; x 为解释变量; α 为常数项; β 为回归系数; μ 为随机误差扰动项且 μ 服从正态分布 $N(0, \sigma^2)$ 。

1.2 指标选取

1.2.1 城市土地利用效率评价指标选取 本文以辽宁、吉林、黑龙江三省所辖的 34 个地级市为研究对象,包括辽宁省 14 个地级市,吉林省 8 个地级市,黑龙江省 12 个地级市,考虑到数据的科学性和可获得性,本文研究的时间跨度为 2010—2020 年,大兴安岭地区和延边朝鲜族自治州所属的加格达奇和延吉市属于县级行政区,不设区城市,没有市辖区,不在研究范围内。考虑到市域范围可能太大,难以反映城市土地利用效率问题,参考相关文献^[1],本文评价指标的研究尺度主要选取市辖区数据,部分指标由于市辖区数据缺失,比如工业二氧化硫排放量和工业烟粉尘排放量以市域口径近似替代。参考已有研究成果,结合东北三省城市土地利用实际情况,本文从投入、期望产出、非期望产出 3 个方面选取 8 个指标来构建东北三省城市土地利用效率评价指标体系(表 1),建成区面积(km^2)表示土地投入,二三产业从业人员(万人)表示劳动力投入,固定资产投资(亿元)表示资本投入,二三产业增加值(亿元)表示经济产出,城镇居民人均可支配收入(元)表示社会产出,建成区绿化覆盖率(%)表示生态产出,工业二氧化硫排放量(t)和工业烟粉尘排放量(t)表示非期望产出。

表 1 城市土地利用效率评价指标体系
Table 1 Urban land use efficiency evaluation index system

指标类型	一级指标	二级指标	单位
投入指标	土地投入	建成区面积	km^2
	劳动力投入	二三产业从业人员	万人
	资本投入	固定资产投资	亿元
	经济效益	二三产业增加值	亿元
期望产出指标	社会效益	城镇居民人均可支配收入	元
	生态效益	建成区绿化覆盖率	%
	环境负效应	工业二氧化硫排放量	t
非期望产出指标		工业烟粉尘排放量	t

1.2.2 城市土地利用效率影响因素指标选取 已有研究证实,城市土地利用效率影响因素众多,与国家政策、城市化水平、建设用地结构与规模、社会因素、

环境因素、人口状况等联系密切。城市土地利用效率的大小主要取决于投入要素与产出要素的变动情况。因此,本文综合研究的科学性和数据的可获得性,考虑到造成城市竞争力大小的原因、城市发展过程中可能影响土地利用效率的因素,本文选取经济发展水平(pgdp)、产业结构(indus)、城镇化率(urban)、对外开放程度(fdi)、交通基础设施(road)、环境规制(er)、科教支出(tec)和人力资本(ung)作为自变量,城市土地利用效率值(ULUE)为因变量(表 2),为消除异方差

的影响,对非比例变量经济发展水平、对外开放程度和交通基础设施取对数,可得回归方程如下:

$$ULUE_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln pgdp_{it} + \beta_2 indus_{it} + \beta_3 urban_{it} + \beta_4 \ln fdi_{it} + \beta_5 \ln road_{it} + \beta_6 ef_{it} + \beta_7 tec_{it} + \beta_8 ung_{it} + \mu_{it} \quad (6)$$

式中:各城市土地利用效率值 ULUE 为因变量;pgdp,indus,urban,fdi,road,ef,tec,ung 为自变量; β_0 为常数项; $\beta_1 - \beta_8$ 为自变量系数; μ 为随机扰动项;下标 i 和 t 分别代表第 i 个城市和第 t 年。

表 2 城市土地利用效率影响因素选择及说明

Table 2 Selection and description of factors influencing urban land use efficiency

解释变量	变量	定义	单位
因变量	城市土地利用效率(ULUE)	各城市土地利用效率值	—
	经济发展水平(lnpgdp)	人均 GDP	元
	产业结构(indus)	二、三产业产值/地区生产总值	%
	城镇化率(urban)	城镇人口/总人口	%
自变量	对外开放程度(lnfdi)	人均实际利用外资金额	美元/人
	交通基础设施(lnroad)	人均道路面积	m ² /人
	环境规制(er)	污水处理率	%
	科教支出(tec)	(科技支出+教育支出)/地方财政支出	%
	人力资本(ung)	普通本专科及以上人数/全市常住人口数	%

1.3 数据来源

本文所需研究数据主要来源于 2011—2021 年的《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》,部分缺失数据来源于各省、市统计年鉴、统计公报与政府工作报告,仍无法获取的数据采用邻近年份指标插值填补。

2 结果与分析

2.1 东北三省城市土地利用效率时间演变特征

从区域整体来看(图 1),研究期内东北三省城市土地利用效率均值呈显著上升趋势,但整体水平不高,从 2010 年的 0.263 增长到 2020 年的 0.620,达到研究期内最高值。分区域看(图 1),辽宁、吉林、黑龙江 3 个省份的城市土地利用效率均值在研究期内均呈波动上升趋势,其中辽宁和吉林的效率均值在 2020 年达到了研究期内最高值,分别为 0.725,0.653,黑龙江在 2019 年达到研究期内最高值 0.516,均未实现 DEA 有效。2010—2013 年,吉林省城市土地利用效率均值高于其他两省,可能是由于吉林省为响应振兴东北老工业基地这一战略,大力发展民营经济,缓解了就业压力,提高经济产能,“长吉都市圈”的建立也带动了周边地区的经济发展。2013—2017 年,辽宁省城市土地利用效率均值远低于吉林省和黑龙江省,一方面可能是辽宁省工业用地比重较高,土

地开发利用强度低,经济增长方式主要依靠土地利用,土地外延式扩张严重,加剧了土地污染。另一方面可能是“官出数字,数字出官”的原因,导致 2011—2014 年经济数据被注入水分。2017—2020 年,黑龙江省城市土地利用效率均值低于辽宁省和吉林省,主要由于黑龙江省作为农业大省,肩负保障全国粮食安全重任,二三产业增长缓慢,资源型城市数量多,土地利用粗放,效率低下。

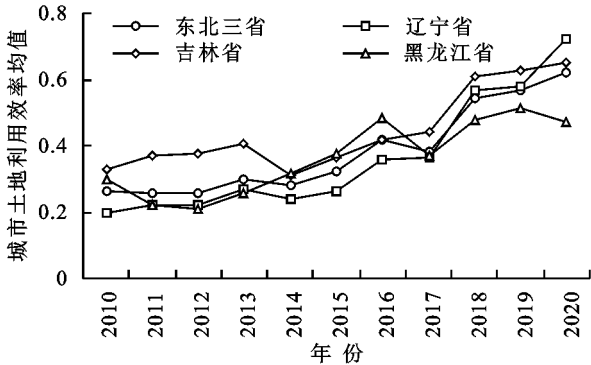


图 1 2010—2020 年东北三省城市土地利用效率均值

Fig. 1 Average value of urban land use efficiency in Three Northeastern Provinces from 2010 to 2020

2.2 东北三省城市土地利用效率空间演变特征

根据 2010—2020 年东北三省城市土地利用效率值,本文采用 ArcGIS 自然段点法将 2010 年、2020 年东北三省 34 个城市的土地利用效率值划分为 4 类,

以探讨城市土地利用效率空间演变特征(图 2)。由图 2 可知,东北三省城市内部土地利用效率空间分异显著,2010 年,高值区数量较少,仅有一个城市,分布在黑龙江省,低值区数量较多,主要分布在辽宁省。2020 年,高值区数量增至 13 个城市,3 个省份都有所分布,低值区数量减少,主要分布在黑龙江省。其中,沈阳市作为辽宁省省会中心城市,土地利用效率外溢效应凸显,使周边城市土地利用效率得到较大提升。哈尔滨市、长春市没有形成以省会中心城市为核心的“核心—外围”空间格局和土地利用效率外溢效应,且哈尔滨市和长春市土地利用效率值在东北三省城市中处于劣势地位。哈尔滨市作为黑龙江省会中心城市,城市用地规模和建成区面积位于全省之最,承载人口较多,在城市规划和发展中,资源要素投入较大,但其各个产业和 GDP 未能达到有效水平,可能受黑龙江宏观经济环境影响,2020 年黑龙江省 GDP 增速为 1.0%,远低于全国平均水平 2.3%,人均 GDP 也连续多年位于全国末端,哈尔滨市 2020 年 GDP 达到 5 183.8 亿元,居全省第一,但比 2019 年度减少 65.6 亿元,排名居全国省会城市第 17 位,居全国地级及以上城市第 44 位,城市经济产能不足,导致土地低效利用。随着二孩政策的开放,新一轮婴幼儿热潮涌现,人们的购房意愿增强,大量人口流向长春、吉林等发展水平较高的城市,但自 2012 年开始,长春市人口密度呈波动下降态势,从 2012 年的 8 034 人/km² 下降到 2020 年的 1 380 人/km²,同时建成区面积不断扩张,使得长春市土地城镇化快于人口城镇化,土地粗放利用严重。绥化市自 2011 年开始,大量农村人口进城务工和求学,城市人口增加,城市化进程加快,城市建设用地面积增加,同时政府也加强城市生态环境建设,相继出台了《绥化市城市规划控制区域内棚户区改造实施办法》和《绥化市城市总体规划》(2012—2030 年),大规模改造棚户区,增加城市绿地面积,绥化市经济增长主要以农业为主,农业资源丰富,工业基础相对薄弱,对环境污染较小,使得绥化市土地利用效率值在 2010 年、2020 年间均保持较高水平。

2.3 东北三省城市土地利用效率时序动态演进特征

2.3.1 全域时序动态演进特征 全域尺度主要从东北三省整体视角出发来描述城市土地利用效率时序动态演进特征。(1) 从核密度曲线重心偏移位置上来看,2010—2020 年整体右移,表明研究期内东北三省城市土地利用效率值逐渐增加。(2) 从核密度曲线主峰波峰高度来看,2010—2020 年逐年下降,表明研究期内城

市间土地利用效率差异逐渐增大。(3) 从核密度曲线波峰数量来看,2010—2020 年均出现主峰与次峰双峰并存现象,且主峰位置逐渐右移,表明研究期内东北三省城市土地利用效率值先在低值区集聚,后在中高值区集聚,始终处于两极分化的局面。(4) 从核密度曲线左右拖尾来看,2020 年左右拖尾均不明显,2010—2016 年,无明显左侧拖尾,右侧拖尾呈现抬高的趋势,表明高值区城市比重增加。(5) 从核密度曲线波峰宽度上来看,2010—2020 年核密度曲线均由尖峰演变为宽峰,表明研究期内城市土地利用效率离散程度由收敛变为发散。可以看出,不同时段内东北三省城市土地利用效率的极化程度、效率差异和发展水平都呈现出不同的动态演进特征。

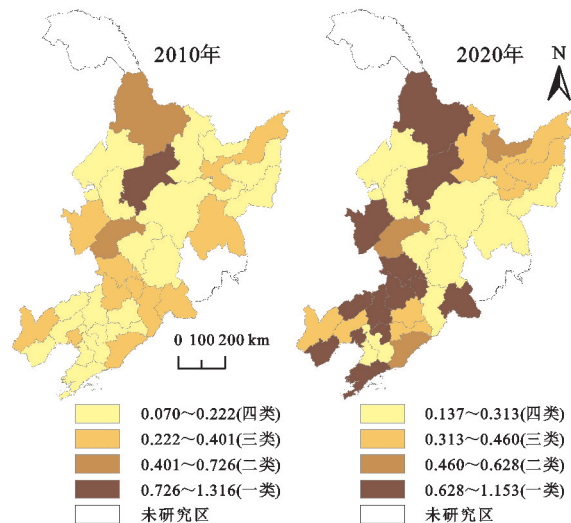


图 2 2010—2020 年东北三省城市土地利用效率空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of urban land use efficiency in Three Northeastern Provinces from 2010 to 2020

2.3.2 局域时序动态演进特征 局域尺度主要从辽宁、吉林、黑龙江 3 个省份为视角出发来描述不同区域城市土地利用效率的时序动态演进特征。(1) 从核密度曲线重心偏移位置上来看,2010—2020 年 3 个省份均整体右移,表明研究期内辽宁、吉林、黑龙江 3 个省份的城市土地利用效率值逐渐增加。(2) 从核密度曲线主峰波峰高度来看,2010—2020 年辽宁、吉林两省逐年下降,表明研究期内两省城市间土地利用效率差异逐渐增大;黑龙江在 2010—2016 年大幅度下降,2016—2020 年轻微上升,表明研究期间黑龙江省城市土地利用效率差异先增大后缩小。(3) 从核密度曲线波峰数量来看,研究期间,辽宁省由陡峭单峰演变为平缓双峰,表明辽宁省城市土地利用效率呈现出由无分化到两极分化的发展趋势;吉林省呈现出双峰—多峰—双峰的演变轨迹,表明吉林省城市土

地利用效率呈两极分化—多极分化—两极分化的发展趋势；黑龙江省由多峰演变为平缓双峰，表明黑龙江省城市土地利用效率呈现出由多极分化到两极分化的发展趋势。（4）从核密度曲线左右拖尾来看，辽宁、吉林两省在 2010 年、2020 年均无明显左右拖尾，2013 年、2016 年均伴有右侧拖尾，表明在 2013 年、2016 年间，两省城市均存在土地利用效率较高的城市；黑龙江省在 2016 年、2020 年均无明显左右拖尾，2010 年、2013 年右侧拖尾变短，表明在此期间黑龙江省城市内部高值区土地利用效率值下降。（5）从核密度曲线波峰宽度上来看，2010—2020 年 3 个省份

的核密度曲线均由尖峰演变为宽峰，表明研究期内辽宁、吉林、黑龙江三省的城市土地利用效率离散程度均由收敛变为发散。由此可见，在局域尺度下，区域特色与时段特征共同催生了辽宁、吉林、黑龙江三省的城市土地利用效率时序动态演进特征。

2.4 东北三省城市土地利用效率影响因素分析

2.4.1 影响因素回归结果与分析 基于 2010—2020 年东北三省各城市土地利用效率值和面板数据，利用 Stata16 软件进行 Tobit 回归分析，回归结果如表 3 所示，其中，VIF 均小于 10，说明各影响因素无明显共线性，Prob>chi2=0.000 0，说明该模型拟合程度较好。

表 3 城市土地利用效率影响因素回归结果

Table 3 Regression results of factors influencing urban land use efficiency

变量	东北三省	辽宁省	吉林省	黑龙江省
经济发展水平(lnpgdp)	0.0685** (0.0347)	0.0872(0.0686)	0.0277(0.0635)	0.000850(0.0546)
产业结构(indus)	0.00477*** (0.00165)	0.0176** (0.00876)	0.000909(0.00738)	0.00581*** (0.00189)
城镇化率(urban)	0.00192** (0.000798)	0.000658(0.00140)	0.000423(0.00181)	0.00390*** (0.00108)
对外开放程度(lnfdi)	0.0307*** (0.00878)	0.0600*** (0.0125)	0.0224(0.0142)	0.0113(0.0146)
交通基础设施(lnroad)	0.0807* (0.0454)	0.141** (0.0575)	0.289*** (0.104)	0.120** (0.0914)
环境规制(er)	-0.0474*** (0.0146)	0.0226(0.0225)	-0.0989*** (0.0283)	-0.105*** (0.0236)
科教支出(tec)	9.49E-05* (0.00143)	0.000448* (0.00150)	0.00787* (0.00883)	0.00351** (0.00398)
人力资本(ung)	0.0255** (0.0130)	0.0214*** (0.0193)	0.0556** (0.0236)	0.0436* (0.0230)
VIF	1.45	1.44	1.86	2.05
Prob>chi2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
样本量	374	154	88	132

注：括号内数值为标准误差；***、**和* 分别表示在 1%、5%和 10%显著性水平下显著。

由表 3 可知：（1）经济发展水平对东北三省整体具有显著促进作用，但回归系数较小，对辽宁、吉林、黑龙江三省回归系数为正，但不显著，表明虽然刺激经济增长能够提升土地利用效率，但由于城市人口减少所造成的人均 GDP 增加并不能明显改善城市土地低效利用。（2）产业结构对东北三省整体、辽宁和黑龙江两省的城市土地利用效率具有显著促进作用，对吉林省回归系数为正，但不显著，主要由于吉林省作为我国老工业基地，长期以高耗能、高污染的重工业为主，第三产业占比较小，再加上人口持续流失与人口增长率下降，造成城市经济发展动力不足，短期内的产业结构升级对城市土地利用效率的提升影响甚微。（3）城镇化率对东北三省整体和黑龙江省城市土地利用效率的提升具有显著促进作用，对辽宁和吉林两省的回归系数为正，但不显著，表明城镇化率的提高一方面会由于城市人口比重越大，越有利于资源要素集聚，土地产出较高，能够促进土地利用效率的提升；另一方面也可能会使城市规模无序扩张，城市规划不合理，

导致土地城镇化大于人口城镇化。（4）对外开放程度对东北三省整体和辽宁省均在 1%的水平下正向显著，对吉林省和黑龙江省均未通过显著性检验，一方面政府以出售廉价土地为代价进行招商引资，降低了地方工业用地的容积率^[1]；另一方面外商的投资主要集中于高污染、高耗能或劳动密集型产业，对环境污染较大，对吉林、黑龙江两省影响不显著。（5）交通基础设施对东北三省整体、辽宁、吉林和黑龙江三省城市土地利用效率均有显著促进作用，表明完善的交通基础设施能够缩短要素流动的时空距离，增加空间溢出效应，扩大生产要素的流通范围，促进资源优化配置。（6）环境规制对辽宁省城市土地利用效率影响不显著，对东三省整体、吉林和黑龙江两省均在 1%的水平下负向显著，可能由于城市为改善当地环境而投入的各种资源要素未得到充分利用，造成资源损耗及低效利用，使其通过环境规制获得的期望产出要小于投入。（7）科教支出对东北三省整体、辽宁、吉林和黑龙江三省城市土地利用效率均有显著促进

作用,表明科技、教育水平的提高会推动产业结构优化升级,提升技术产业化程度,降低投入和非期望产出。(8)人力资本对东北三省整体、辽宁、吉林和黑龙江三省城市土地利用效率均有显著促进作用,表明高素质人才对城市高质量发展必不可少。

2.4.2 稳健性检验 为了检验回归结果的稳健性,本文将生活垃圾处理率来代替环境因素中的污水处

理率,其他影响因素保持不变,重新对东北三省整体、辽宁、吉林和黑龙江三省城市土地利用效率影响因素进行 tobit 回归分析,结果如表 4 所示。从回归结果可以看出,表中各变量的估计系数除了个别的显著性水平发生了变化外,替换变量之后的回归结果没有发生根本性的变化,所得结论与前文基本类似,可认为回归结果具有稳健性。

表 4 稳健性检验
Table 4 Robustness tests

变量	东北三省	辽宁省	吉林省	黑龙江省
经济发展水平(lnpgdp)	0.0259*(0.0324)	0.0521(0.0589)	0.125(0.0648)	0.0227(0.0538)
产业结构(indus)	0.00717*** (0.00167)	0.0196** (0.00873)	0.00475(0.00774)	0.0102*** (0.00188)
城镇化率(urban)	0.00148* (0.000790)	0.000885(0.00139)	0.00107(0.00187)	0.00296*** (0.00110)
对外开放程度(lnfdi)	0.0381*** (0.00791)	0.0521*** (0.0111)	0.0282* (0.0147)	0.0129(0.0142)
交通基础设施(lnroad)	0.0839* (0.0442)	0.118** (0.0573)	0.451*** (0.102)	0.00273* (0.0908)
环境规制(er)	-0.00373*** (0.000735)	-0.00301* (0.00174)	-0.00302** (0.00145)	-0.00449*** (0.000892)
科教支出(tec)	0.000299*** (0.00139)	0.000184** (0.00148)	0.00976* (0.00918)	0.00558** (0.00389)
人力资本(ung)	0.0548*** (0.00989)	0.0143* (0.0159)	0.122*** (0.0151)	0.0363** (0.0172)
VIF	1.44	1.31	1.80	1.98
Prob>chi2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
样本量	374	154	88	132

注:括号内数值为标准误差;***,**, * 分别表示在 1%,5%和 10%显著性水平下显著。

3 结论与建议

3.1 结论

(1) 从时间演变特征看,2010—2020 年,东北三省城市土地利用效率均值呈显著上升趋势,但整体水平不高。区域差异显著,辽宁、吉林、黑龙江 3 个省份的城市土地利用效率均值在研究期内均呈波动上升趋势,2010—2013 年,吉林省城市土地利用效率均值最高,2013—2017 年,辽宁省城市土地利用效率均值最低,2017—2020 年,黑龙江省城市土地利用效率均值最低。从空间演变特征看,2010—2020 年,低值区城市数量大幅度减少,高值区城市增多,从 2010 年的 1 个增长至 2020 年的 13 个,2010 年主要分布在黑龙江省,2020 年 3 个省份都有所分布。

(2) 从全域时序动态演进特征看,2010—2020 年,东北三省城市土地利用效率值逐渐增加,城市间土地利用效率差异逐渐增大,土地利用效率值先在低值区集聚,后在中高值区集聚,始终处于两极分化的局面。从局域时序动态演进特征看,不同时段内三大省份城市土地利用效率值的极化程度、效率差异和发展水平都呈现出不同的动态演进特征。

(3) 从对东北三省城市土地利用效率影响因素

分析来看,各变量对辽宁、吉林、黑龙江三省的城市土地利用效率的影响程度和作用方向有所差异。人力资本、科教支出、经济发展水平、对外开放程度、产业结构、交通基础设施和城镇化率具有促进作用,环境规制具有抑制作用。

3.2 建议

(1) 为优化国土空间布局,实现土地集约高效利用,东北三省各城市应因地制宜、因城施策,做好区域内部人才培养与区域外部人才和资金引进工作,左右开弓、齐头并进,从根本上培养人才、留住人才、善用人才;各城市要借助振兴东北老工业基地战略这一契机,充分发挥和利用自身优势,转变经济发展方式,优化产业结构,逐步淘汰高耗能、高污染产业,注重对高新技术产业的研发投入,提高第三产业比重;贯彻落实科教兴国、人才强国战略,增加地方科教投入,建立有效的科技创新人才培养和激励机制,促进研究成果的转化和应用,提高科研经费产出率和技术产业化程度;调整政府职能,优化营商环境,提高外资引进的数量和质量;改善基础设施环境,提高公共服务水平,完善交通信息网络,加快城市各种资源要素流动,优化资源配置,全面促进区域经济联系和产业协作,实现资源高效利用与产出最大化。

(2) 东北三省要发挥城市群资源集聚作用和城市空间溢出效应,以土地利用效率水平较高的省会中心城市、沿海发达城市为抓手,推动哈长城市群、辽中南城市群及东部经济带等东北三省城市建设,形成以中心城市引领城市群发展,城市群带动区域发展的格局,缩小区域差异,促进各城市均衡发展;贯彻落实国土空间用途全过程管制,控制土地供应面积,健全城市土地低效利用的整治与退出机制,实现存量闲置用地的内部挖掘;减少市区工业用地比重,将工业用地迁移到工业园区,集中布局,规模经营;建立健全城市生态预警体系,落实环境规制,提高环境污染治理能力,减轻城市土地所承载的环境污染压力,实现城市用地经济效益、社会效益和生态效益可持续协调发展。

参考文献:

- [1] 姬志恒,张鹏.环境约束下中国城市土地利用效率空间差异及驱动机制:基于 285 个地级及以上城市的研究[J].中国土地科学,2020,34(8):72-79.
Ji Z H, Zhang P. Spatial differences in land use efficiency and driving mechanisms in Chinese cities under environmental constraints: a study based on 285 prefecture-level and above cities[J]. China Land Science, 2020, 34(8): 72-79.
- [2] 张立新,宋洋,朱道林,等.长江经济带城市建设用地利用效率空间非均衡性及影响因素[J].地域研究与开发,2020,39(6):154-159.
Zhang L X, Song Y, Zhu D L, et al. Spatial unevenness of urban construction land use efficiency in Yangtze River Economic Zone and influencing factors [J]. Geographical Research and Development, 2020, 39(6): 154-159.
- [3] Liu J, Jin X, Xu W, et al. A new framework of land use efficiency for the coordination among food, economy and ecology in regional development[J]. Science of the Total Environment, 2020, 710: 135670.
- [4] Li C, Cai G, Du M. Big data supported the identification of urban land efficiency in Eurasia by indicator SDG 11.3.1 [J]. Isprs International Journal of Geo-Information, 2021, 10(2): 64, <https://doi.org/10.3390/ijgi10020064>.
- [5] 苗建军,徐慷.空间视角下产业协同集聚对城市土地利用效率的影响:以长三角城市群为例[J].城市问题,2020,294(1):12-19.
Miao J J, Xu S. The impact of synergistic industrial agglomeration on urban land use efficiency from a spatial perspective: the case of the Yangtze River Delta city cluster [J]. Urban Issues, 2020, 294(1): 12-19.
- [6] Zhang L, Zhang L, Xu Y, et al. Evaluating urban land

use efficiency with interacting criteria: An empirical study of cities in Jiangsu China[J]. Land Use Policy, 2020, 90: 104292.

- [7] 刘书畅,叶艳妹,肖武.基于随机前沿分析的中国城市土地利用效率时空分异研究[J].中国土地科学,2020,34(1):61-69.
Liu S C, Ye Y M, Xiao W. Spatial and temporal variation of urban land use efficiency in China based on stochastic frontier analysis[J]. China Land Science, 2020, 34(1): 61-69.
- [8] 宋洋, YEUNG G,朱道林,等.京津冀城市群县域城市土地利用效率时空格局及驱动因素[J].中国土地科学,2021,35(3):69-78.
Song Y, Yeung G, Zhu D L, et al. Spatial and temporal patterns and drivers of land use efficiency in county cities of the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration[J]. China Land Science, 2021, 35(3): 69-78.
- [9] 付磊,李德山.中国城市土地利用效率测度[J].城市问题,2019,288(7):50-58,67.
Fu L, Li D S. Measurement of land use efficiency in Chinese cities[J]. Urban Issues, 2019, 288(7): 50-58, 67.
- [10] 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,2019,290(9):54-61.
Liu S C, Ke X L. The evolutionary characteristics of land use efficiency in Chinese urban agglomerations and the path to enhance it[J]. Urban Issues, 2019, 290(9): 54-61.
- [11] 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.
Jin G, Deng X Z, Zhao X D, et al. Spatial and temporal pattern characteristics of urban land use efficiency in the Yangtze River Economic Belt from 2005 to 2014 [J]. Journal of Geography, 2018, 73(7): 1242-1252.
- [12] 詹国辉.城市建设用地利用效率及其影响因素探究:以江苏省 13 个城市为例[J].华东经济管理,2017,31(6):11-15.
Zhan G H. Exploration of urban construction land use efficiency and its influencing factors: An example of 13 cities in Jiangsu Province [J]. East China Economic Management, 2017, 31(6): 11-15.
- [13] 胡碧霞,李菁,匡兵.绿色发展理念下城市土地利用效率差异的演进特征及影响因素[J].经济地理,2018,38(12):183-189.
Hu B X, Li J, Kuang B. Evolutionary characteristics and influencing factors of urban land use efficiency differences under the concept of green development[J].

- Economic Geography, 2018,38(12):183-189.
- [14] 岳立,李文波.环境约束下的中国耕地利用效率及影响因素:基于 Global Malmquist-Luenberger 指数方法[J].农业经济与管理,2017,46(6):25-35.
Yue L, Li W B. Arable land use efficiency and influencing factors in China under environmental constraints-based on the Global Malmquist-Luenberger index method[J]. Agricultural Economics and Management, 2017,46(6):25-35.
- [15] 陈广璐.空间视角下黄河中下游地区城市土地利用效率的提升策略研究[D].郑州:郑州大学,2021.
Chen G L. Study on the improvement strategy of urban land use efficiency in the middle and lower reaches of the Yellow River from a spatial perspective[D]. Zhengzhou:Zhengzhou University, 2021.
- [16] 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,2019,34(6):1157-1170.
Zhang Y H, Chen J L, Gao J L, et al. Mechanisms influencing land use efficiency in Yangtze River Delta cities from the perspective of economic transformation[J]. Journal of Natural Resources, 2019,34(6):1157-1170.
- [17] 岳立,薛丹.新型城镇化对中国城市土地利用效率的影响研究[J].经济问题探索,2020,458(9):110-120.
Yue L, Xue D. Study on the impact of new urbanization on urban land use efficiency in China[J]. Exploration on Economic Issues, 2020,458(9):110-120.
- [18] 王兆峰,汪倩.旅游发展对城市土地利用效率的影响及其空间分异:以长江中游城市群为例[J].南京师大学报:自然科学版,2022,45(4):43-51.
Wang Z F, Wang Q. The impact of tourism development on urban land use efficiency and its spatial differentiation-taking the middle reaches of Yangtze River urban cluster as an example[J]. Nanjing Normal University Journal(Natural Science Edition),2022,45(4):43-51.
- [19] 匡兵,卢新海,胡碧霞.经济发展与城市土地利用效率的库兹涅茨曲线效应:基于湖北省12个地级市的面板数据[J].地域研究与开发,2018,37(6):139-144.
Kuang B, Lu X H, Hu B X. Kuznets curve effect of economic development and urban land use efficiency:based on panel data of 12 prefecture-level cities in Hubei Province[J]. Geographical Research and Development, 2018,37(6):139-144.
- [20] Xie H, Chen Q, Lu F, et al. Spatial-temporal disparities, saving potential and influential factors of industrial land use efficiency:A case study in urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River[J]. Land Use Policy, 2018,75:518-529.
- [21] Yu J, Zhou K, Yang S. Land use efficiency and influencing factors of urban agglomerations in China[J]. Land Use Policy, 2019,88:104143.
- [22] 李璐,董捷,张俊峰.长江经济带城市土地利用效率地区差异及形成机理[J].长江流域资源与环境,2018,27(8):1665-1675.
Li L, Dong J, Zhang J F. Regional differences in urban land use efficiency in the Yangtze River Economic Belt and the formation mechanism[J]. Yangtze River Basin Resources and Environment, 2018,27(8):1665-1675.
- [23] 张浩哲,杨庆媛.中国收缩城市土地利用效率及其影响因素研究[J].人文地理,2021,36(3):108-116.
Zhang H Z, Yang Q Y. Study on land use efficiency and its influencing factors in shrinking cities in China[J]. Human Geography, 2021,36(3):108-116.
- [24] 徐惠孝,刘艳军.收缩城市建设用地利用效率时空分异及影响机制:以黑龙江省伊春市为例[J].地理科学进展,2021,40(6):937-947.
Xu H X, Liu Y J. Spatial and temporal variation of construction land use efficiency in shrinking cities and its influencing mechanism: A case study of Yichun City, Heilongjiang Province[J]. Advances in Geographical Sciences, 2021,40(6):937-947.
- [25] Tobin J. Estimation of relationships for limited dependent variables[J]. Econometrica:Journal of the Econometric Society, 1958,26(1):24-36.