

引用格式:樊鹏飞,冯淑怡,苏敏,等. 基于非期望产出的不同职能城市土地利用效率分异及驱动因素探究[J]. 资源科学, 2018, 40(5): 946-957. [Fan P F, Feng S Y, Su M, et al. Differential characteristics and driving factors of land use efficiency in different functional cities based on undesirable outputs[J]. *Resources Science*, 2018, 40(5): 946-957.] DOI :10.18402/resci.2018.05.08

基于非期望产出的不同职能城市土地利用效率分异及驱动因素探究

樊鹏飞,冯淑怡,苏敏,许明军

(南京农业大学公共管理学院,南京 210095)

摘要:研究非期望产出条件下不同职能城市土地利用效率分异特征及其驱动因素,对于城市可持续发展具有重要意义。本文采用DEA中改进的EBM模型,测度了2004—2015年中国五大类268个城市的土地利用效率,并运用灰色关联模型探究了其驱动因素。结果发现:①忽视城市土地利用过程中的生态负效应,会引起对土地利用效率的高估,而考虑非期望产出,能更加真实地测算出土地利用效率;各职能城市的土地利用效率均存在较大差异,说明按城市职能类型来测度土地利用效率的科学性。②在不考虑非期望产出条件下,各职能城市的土地利用效率值曲线相对陡峭且周期性变化较多,而在考虑非期望产出条件下,效率值曲线变化相对平缓且周期性变化较少。③综合型城市主要受产业结构、土地市场化程度和环境治理能力的影响,资源型城市主要受产业结构、对外依赖程度和政府规划的影响,工业型城市主要受产业结构、土地市场化程度和地区能源结构的影响,文娱型城市主要受城镇化水平、经济发展水平和环境治理能力的影响,地方型城市主要受经济发展水平、城镇化水平和政府规划的影响。鉴于此,在提升城市土地利用效率时,应充分考虑土地的非期望产出和城市的异质性,制定出差异化的土地管理政策。

关键词:非期望产出;城市职能;城市土地利用效率;DEA-EBM模型;驱动因素;中国

DOI :10.18402/resci.2018.05.08

1 引言

改革开放以来,中国高速的经济增长推动了城市建设用地的不断扩张^[1,2],城市建成区面积从1981年的7440 km²,迅速增长到了2015年的5.21万 km²,年均增长率达5.89%^[3]。城市建设用地的不断扩张,占用了大量的农用地和生态用地,给国家粮食安全和区域生态环境带来了严重威胁,使得吃饭、建设和生态之间的矛盾日益突出。为此,国家提出了“严控增量、盘活存量、优化结构、提高效率”的土地利用方针,并通过在城市周边划定永久性基本农田来限制其盲目扩张。作为城市经济、社会和生态环境的空间载体,城市土地的利用效率直接关系到社会经济的可持续和人居环境的改善^[4,5]。因此,

开展城市土地利用效率研究具有重要的理论和现实意义。

作为各类经济活动的空间载体,城市土地是二三产业的集中分布空间,其既能带来“期望”的经济和社会产出,也能因为高耗能、高排放产业的过度聚集给城市环境带来“非期望”产出^[6]。将非期望产出纳入到城市土地利用效率测算框架,不仅能提高土地利用效率测算的科学性,而且也契合了当前城市土地利用引发区域生态环境风险激增的现实。此外,不同职能城市在用地方针、产业政策、经济发展水平、环境治理能力等方面存在着显著差别,而这些差别直接引起了各类城市间土地利用效率差异^[7]。因此,在非期望产出条件下,分析不同职能城

收稿日期:2017-07-12 修订日期:2018-01-30

基金项目 国家自然科学基金项目(71673144);国家社会科学基金项目(18VSJ060)。

作者简介 樊鹏飞,男,河南焦作人,博士生,研究方向为土地经济与政策。E-mail: 2017209015@njau.edu.cn

通讯作者 冯淑怡, E-mail: shuyifeng@njau.edu.cn

2018年5月

市土地利用效率的分异特征及其驱动因素,不仅可以为差异化城市土地政策的制定提供借鉴,而且也可以为各职能城市土地利用效率的提升提供更富针对性的建议。

2 文献回顾

国外对于城市土地利用效率的研究由来已久,从最初生态学派崇尚对城市空间演替的归纳,发展到行为学派对城市发展中决策过程的研究,政治经济学派对城市发展中动力机制的探究,经济区位学派对城市经济区位的分析,而目前的研究主要集中在土地利用配置效率、城市增长控制、土地利用效率评价等方面^[8-11]。国内研究起步较晚,主要集中在城市土地利用的效率评价^[5,8,9]、影响因素分析^[12,13]、分异特征研究^[14]等方面。可以看出,城市土地利用效率评价始终是国内外研究的焦点。

城市土地利用效率评价的主要方法有系统分析和层次分析法^[15]、模糊综合评价法^[8]、数据包络分析法(DEA)^[8,14]、聚类分析和判别法^[16]等。其中,数据包络分析方法(DEA)是以线性规划的方式测算具有多投入、多产出决策单元相对效率的方法,由于其弥补了指标评价类方法的不足,因此应用最为广泛。如吴得文等利用DEA方法测算了中国655个城市的土地投入产出效率和规模效率^[8]。但是,传统的DEA方法(以CCR模型和BCC模型为代表)是以径向测度(Radial Measure)为基础,其假定所有的投入产出要素都以同比例增加或减少,这就导致了与现实情况的背离。基于此,Tone等构建了基于非径向、非角度的SBM(Slack Based Measure)模型,把松弛度(Slack Degree)放入了目标函数,不仅解决了投入产出松弛的问题,也可以用来解决非期望产出问题^[17]。相关应用也在不断增多,如聂雷利用SBM模型测算了非期望产出条件下,中国238个城市的建设用地利用效率^[18],杨清可利用SBM模型测算了非期望产出条件下,长三角地区16个城市的土地利用效率^[9]。

尽管学术界已取得许多成果,但其仍存在改进之处:第一,研究范围虽已涉及了全国、区域、省市等各个尺度,但从城市异质性角度来进行分类考察

的研究还不多。第二,应用日益增多的SBM模型,虽然解决了传统DEA模型存在的效率高估问题,但其无法处理投入和产出指标中同时存在径向和非径向的问题,如资源、能源的投入和环境污染之间有着不可分割性,而另一些投入和产出指标却是非径向可分割的。在处理零值和正值时,SBM模型的线性规划方式也一定程度加深了投入产出间最优松弛对比,带来了测算结果的偏差^[19,20]。

鉴于此,本文以全国268个城市为研究单元¹⁾,按照职能类型对城市进行科学划分,将非期望产出纳入到测算框架,采用改进的EBM模型和灰色关联度模型,对2004—2015年²⁾各职能城市的土地利用效率进行差异特征分析,并探究其各自的驱动因素,以期为差异化城市土地政策的制定提供参考。

3 研究方法、指标构建与数据来源

3.1 基于职能的城市类型划分

新中国成立以来,中国的城市划分标准经历了多次变化,但主要都是基于城市人口规模来确定^[7,21]。城市土地利用不仅受人口因素的影响,其还受到经济因素、功能结构因素、资源环境因素等影响,进而表现出不同的城市特征,而城市职能可以很好的表征这些因素^[21]。因此,从职能角度来对城市类型进行科学划分,能更加准确的揭示出不同类型城市的土地利用效率差异。此外,国家也出台了一些资源型和工业型城市的规划。本文参照舒帮荣等、鲁春阳等、周一星等的研究^[7,21,22],并结合国家有关资源型和工业型城市规划,在考虑城市职能可变性及数据可得性基础上,先从经济、社会、功能结构等七个方面选取分类指标,见表1,再利用SPSS19.0软件进行主成分和聚类分析,具体采用Q型聚类和组间联接,最终将268个城市划分成了五大类,见表2。

3.2 测算方法

3.2.1 土地利用效率可能性集合构建

将每个城市作为一个决策单元(Decision-making Unit,简称DMU),构造不同职能城市土地利用的最佳前沿面。假设在 t 时期($t=1, \dots, T$),有 k 个($k=1, \dots, K$)决策单元,每个决策单元有 M 种投入 $x=(x_1,$

1) 数据处理过程中,考虑到城市名变更、行政区划调整、数据可得性等因素,最终选取了数据较为完整的268个城市作为样本。

2) 由于2003年以后城市环境数据的统计口径发生了变化,为保证各年份数据的可比性,本文选择了2004—2015年为研究时段。

表1 城市职能分类指标

Table 1 The index of urban function classification

影响因素	分类指标
经济	地均固定资产投资、人均GDP、经济密度、第二产业增加值比重、第三产业增加值比重、房地产投资总额、社会消费品零售总额
社会	人口城市化率、市辖区养老保险参保人数、供气管道长度、市政设施建设维护管理支出、风景名胜规划与保护支出、职工平均工资、城镇居民恩格尔系数
功能结构	城市建设用地面积、居住用地面积、公共管理与服务用地面积、商服用地面积、工业用地面积、物流仓储用地面积、道路交通用地面积、公用设施用地面积、绿地和广场用地面积
从业	采掘业人数、制造业人数、电力燃气及供水业人数、建筑业人数、批发零售业人数、交通仓储及邮政业人数、住宿和餐饮业人数、信息业人数、金融业人数、房地产业人数、租赁和商贸业人数、科学教育业人数、文娱业人数、环境卫生和公共设施业人数、公共管理和社会组织业人数
地区影响	城市GDP占全国比重、实际使用外资金额、出口总额、市辖区年末总人口、轨道交通建设投资额、客运总量、货运总量、拥有高等学校数量、教育事业费支出额
资源	采掘业产值规模、采掘业产值占总产值比、采掘业从业人数占总从业人数比、工业用水总量
环境	建成区绿化覆盖率、废水排放量、烟尘排放量、单位GDP能耗、环保治理支出比、污水处理率

注:由于部分城市土地规划和环境数据缺失,本部分只以2004年和2012年数据作为计算基准,并对两组计算结果进行对比整理。

表2 不同职能城市分类结果

Table 2 The results of urban function classification

职能类型	具体城市	城市数量
综合型	北京、上海、广州、深圳、天津、南京、杭州、重庆、成都、西安、武汉、郑州、长沙、南昌、石家庄、兰州、沈阳、福州、厦门、贵阳、南宁、昆明、乌鲁木齐、.....	36
资源型	本溪、盘锦、包头、辽源、七台河、鄂尔多斯、白山、呼伦贝尔、邯郸、邢台、阳泉、乌海、抚顺、松原、鸡西、鹤岗、阜新、铜陵、枣庄、双鸭山、百色、大庆、马鞍山、东营、金昌、焦作、濮阳、攀枝花、克拉玛依、平顶山、鹤壁、铜川、白银、.....	63
工业型	宝鸡、玉溪、常州、三门峡、十堰、宜昌、鄂州、泰州、温州、大连、洛阳、安阳、孝感、威海、莱芜、临沂、绍兴、张家口、苏州、辽阳、通化、芜湖、中山、柳州、泸州、宜宾、泉州、曲靖、绵阳、无锡、遵义、嘉峪关、南平、株洲、湘潭、.....	52
文娱型	北海、海口、漳州、连云港、开封、九江、黄山、鹰潭、丹东、齐齐哈尔、潮州、桂林、梧州、佳木斯、西宁、银川、临汾、呼和浩特、延安、牡丹江、泰安、聊城、菏泽、赣州、荆门、黄冈、张家界、怀化、楚雄、葫芦岛、德州、肇庆、秦皇岛、.....	34
地方型	锦州、钦州、营口、承德、赤峰、咸宁、宁德、安庆、随州、广元、金华、南充、庆阳、常德、防城港、丽水、广安、汉中、亳州、南通、淮安、贺州、衡水、渭南、巴中、宿迁、酒泉、滁州、驻马店、固原、巴彦淖尔、茂名、池州、铁岭、通辽、周口、荆州、绥化、张掖、梅州、衡水、吕梁、遂宁、宜春、新乡、雅安、安顺、三亚、榆林、玉林、蚌埠、白城、湛江、武威、商丘、河池、上饶、朝阳、吉安、.....	83

注:综合型城市指各类职能均较强且影响范围较大的城市,而地方型城市指城市职能特色不明显且影响范围较小的城市。

$x_2, \dots, x_n) \in R_+^M$, 可以得到 N 种期望产出 $y=(y_1, y_2, \dots, y_n) \in R_+^N$, J 种非期望产出 $b=(b_1, b_2, \dots, b_n) \in R_+^J$, 那么土地利用效率可能性集合能够表示为:

$$P^t(x^t) = \left\{ (y^t, b^t): \begin{cases} \sum_{k=1}^K \lambda_k^t y_{k,n}^t \geq y_n^t, & n=1, \dots, N \\ \sum_{k=1}^K \lambda_k^t b_{k,j}^t = b_j^t, & j=1, \dots, J \\ \sum_{k=1}^K \lambda_k^t x_{k,m}^t \leq x_m^t, & m=1, \dots, M \\ \sum_{k=1}^K \lambda_k^t = 1, \lambda_k^t \geq 0, & k=1, \dots, K \end{cases} \right\} \quad (1)$$

式中 $P^t(x^t)$ 为 T 时期土地利用效率可能性集合; x^t 为 T 时期各类投入; λ_k^t 为各决策单元在建立可能性集合时的相应权重。上述可能性集合的规模报酬是可变的, 如果要表示规模报酬不变, 需要去掉约束条件 $\sum_{k=1}^K \lambda_k^t = 1$ 。

3.2.2 基于非期望产出的 DEA-EBM 模型

Tone 等构建了一种能够同时包含径向和非径

向两类距离函数的混合模型, 因为模型中有一个 ε 参数, 故被称为 EBM (Epsilon-Based Measure) 模型^[23], 如公式 (2) 所示:

$$\begin{aligned} \gamma^* &= \min \theta - \varepsilon_x \sum_{i=1}^m \frac{w_i^- s_i^-}{x_{ik}} \\ \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{ik}, \quad i=1, 2, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{rk}, \quad r=1, 2, \dots, s \\ & \lambda_j \geq 0, s_i^- \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

式中 γ^* 为规模报酬可变情况下的最佳效率; s_j^- 为投入要素 i 的松弛量; j 为决策单元; n 为决策单元总数; w_i^- 为投入指标的重要程度, 其满足 $\sum_{i=1}^m w_i^- = 1$; x_{ik} 和 y_{rk} 分别为决策单元 k 的第 i 类投入和第 r 类产出; m

2018年5月

和 s 分别为投入和产出的数量; θ 为径向部分的规划参数; λ_i 为线性组合系数; ε_x 为关键参数,满足 $0 \leq \varepsilon_x \leq 1$ 。

由于把非期望产出纳入到了测算框架,因而需要把公式(2)的EBM模型扩展成基于非期望产出的、非导向的EBM模型^[24],其公式为:

$$\begin{aligned} \gamma^* = \min & \frac{\theta - \varepsilon_x \sum_{i=1}^m \frac{w_i^- s_i^-}{x_{ik}}}{\varphi + \varepsilon_y \sum_{r=1}^s \frac{w_r^+ s_r^+}{y_{rk}} + \varepsilon_b \sum_{p=1}^q \frac{w_p^{b-} s_p^{b-}}{b_{pk}}} \\ \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{ik}, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \varphi y_{rk}, \quad r = 1, 2, \dots, s \\ & \sum_{j=1}^n b_{pj} \lambda_j + s_p^{b-} = \varphi b_{pk}, \quad p = 1, 2, \dots, q \\ & \lambda_j \geq 0, s_i^-, s_r^+, s_p^{b-} \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

式中 s_r^+ 为第 r 类期望产出的松弛变量; s_p^{b-} 为第 p 类非期望产出的松弛变量; w_r^+ 和 w_p^{b-} 分别为两者的指标权重; ε_y 为关键参数; φ 为产出扩大比; b_{pk} 为决策单元 k 的第 p 类非期望产出; q 为非期望产出数量。

3.2.3 离散系数

离散系数可以用来衡量不同条件下,各职能城市间土地利用效率的差异程度,以此来验证从城市异质性角度考察城市土地利用效率的科学性,其公式为:

$$V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n}} / X \quad (4)$$

式中 V 为离散系数,其值越大,表明各职能城市间土地利用效率的差异程度越大,反之则越小; X_i 为各职能城市的土地利用效率值; X 为各职能城市的土地利用效率均值; n 为职能城市个数。

3.2.4 灰色关联模型

由于DEA-EBM模型测算的效率值范围是 $[0, 1]$,其为截断数据,若直接对其进行最小二乘法回归,参数估计将会不一致且有偏差^[10]。灰色关联模型是对系统发展态势进行分析比较和定量描述的方法,其对样本数量无限制,也不需要服从任何概率分布。本文借助灰色关联模型来探究各职能城市土地利用效率的主要驱动因素,具体步骤如下:

(1)构建比较数列和参考数列。比较数列是由影响系统运行的要素构成的数列,而参考数列是可以

表现系统运行特征的数列,它们分别可以表示为:

$$\begin{aligned} X_i &= \{X_i(k) | k = 1, 2, \dots, n\} \\ Y &= \{Y(k) | k = 1, 2, \dots, n\} \end{aligned} \quad (5)$$

式中 X_i 为第 i 个评价对象的比较数列; Y 为参考数列; k 为评价指标, n 为指标个数。

(2)对变量进行无量纲化。为消除数列中量纲的影响,需要利用初始法,对比较数列和参考数列进行无量纲处理,具体公式:

$$\begin{aligned} x_i(k) &= X_i(k)/X_i(1), \quad i = 1, 2, \dots, m \\ y(k) &= Y(k)/Y(1), \quad k = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (6)$$

式中 $x_i(k)$ 和 $y(k)$ 分别为比较数列和参考数列的无量纲值, $X_i(1)$ 和 $Y(1)$ 分别为数列的初始值。

(3)测算灰色关联度。具体公式为:

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left\{ \left[\min_i \min_k |y(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |y(k) - x_i(k)| \right] / \left[\max_i |y(k) - x_i(k)| \right] \right\} \end{aligned} \quad (7)$$

式中 δ 为灰色关联度; $\min_i \min_k |y(k) - x_i(k)|$ 和 $\max_k |y(k) - x_i(k)|$ 分别为极差最小值和极差最大值; ρ 为分辨系数,其值越小,分辨力越好,通常取 $\rho=0.5$ 。

3.3 指标构建与数据来源

3.3.1 指标构建

城市土地利用效率是城市范围内土地资源的综合利用程度,其本质是土地及其承载的劳动力、资本、能源等要素的投入产出关系。其中,产出不仅包含期望产出,如经济、社会和生态效益,还包括非期望产出,如生态负效应。基于此,本文建立了指标体系,见表3,并从以下几个方面进行说明:

(1)投入指标。城市是二三产业的聚集地,故分别选择市辖区范围内的建设用地面积、二三产业资本存量、二三产业从业人数、地区能源投入作为投入指标^[12]。市辖区范围内的建设用地是城市各类经济活动的依托,其可以用来表证土地方面的投入。城市经济主要以非农经济为主,可以用二三产业资本存量来表征资本方面的投入。对于资本存量的计算,采用Goldsmith的永续盘存法,具体参考Young、张军等的研究^[25,26]。二三产业从业人员是城市主要的经济活动主体,可以用来表征人员方面的投入。能源支撑着城市各类经济活动的运转,影响着土地的期望产出和非期望产出状况,故其可以直

表3 城市土地利用效率指标及量化

Table 3 The index system of the city's land use efficiency quantitative evaluation

投入产出指标			综合型 城市均值	资源型 城市均值	工业型 城市均值	文娱型 城市均值	地方型 城市均值
投入指标	土地投入	市辖区建设用地面积/km ²	578.95	85.75	132.52	81.27	76.52
	资本投入	市辖区二三产业资本存量/亿元	6 109.23	1 289.22	1 099.21	680.23	1 086.25
	人员投入	市辖区二三产业从业人数/万人	643.25	76.23	87.74	77.69	165.02
	能源投入	市辖区能源投入/万 tce	2 319.24	2 749.24	1 929.31	829.32	1 021.71
期望产出	经济效益	城市二三产业增加值/亿元	8 910.76	1 526.46	2 710.79	1 408.92	1 285.52
	社会效益	城市居民人均可支配收入/万元	4 023.71	2 678.37	2 339.03	20 789.15	1 815.26
	生态效益	市辖区绿化覆盖率/%	42.32	40.73	41.02	44.53	39.47
非期望产出	生态负效应	城市废水排放量/万 t	23 536.47	10 477.11	18 123.18	2 123.16	5 727.01
		城市二氧化硫排放量/t	9.93	4.73	13.22	1.69	3.77
		城市二氧化碳排放量/万 t	1 408.13	595.23	1 123.37	250.23	825.25
		城市粉尘(烟尘)排放量/万 t	5.57	3.23	3.79	0.12	2.56
		城市废弃物产生量/万 t	0.23	0.27	0.17	0.08	0.22

注：城市二氧化碳排放主要来源于城市范围内化石燃料消耗释放，具体利用《IPCC 国家温室气体清单指南》^[31]进行核算。

接作为一项投入指标。

(2)期望产出指标。期望产出是在要素投入基础上,经过生产、经营和服务活动而最终产生的成果,包括经济效益、社会效益和生态效益,可以利用二三产业增加值、人均可支配收入和建成区绿化覆盖率来进行表征^[2,8,9,18]。二三产业增加值是反映地区经济发展情况的敏感性指标,可以用来表证土地的经济产出水平。人均可支配收入能够反映出地区生活水平,可以用来表证土地的社会产出水平。建成区绿化覆盖率能够反应出地区环境质量,可以用来表征土地的生态产出水平。

(3)非期望产出指标。城市土地是各类经济活动的载体,而不当的经济活动会使土地利用产生生态负效应。由于生态负效应是一个综合性概念,应该包括由土地利用直接和间接引起的多种污染类型。通过借鉴其他研究^[2,6,9],并基于数据可得性,本文选择了城市范围内废水排放量、二氧化硫排放量、二氧化碳排放量、粉尘排放量和废弃物产生量来进行表征。

3.3.2 数据来源

文章数据来源于《中国城市统计年鉴(2005—2016)》^[27]、《中国城市建设统计年鉴(2005—2016)》^[28]、《中国工业统计年鉴(2005—2016)》^[29]、《中国环境统计年鉴(2005—2016)》^[30],以及中国经济与社会发展统计数据库和EPS数据库提供的资料。为便于比

较,文中所有涉及价格的数据均以2004年为基准进行修正。此外,对于个别缺失数据利用内插法和平均增长法进行补值获取。

4 结果与分析

4.1 不同职能城市土地利用效率差异分析

借助数据包络软件MAXDEA ultra 6.9,运用EMB模型测算了2004—2015年在是否考虑非期望产出两类条件下,各职能城市土地利用效率值变化及其均值差异,结果见表4和图1。

从表4看出,在不考虑非期望产出条件下,各职能城市的土地利用效率均值呈现出综合型>地方型>工业型>资源型>文娱型,其效率均值分别为0.913、0.801、0.794、0.773、0.701,各效率均值的离散系数为0.095。在考虑非期望产出条件下,各职能城市的土地利用效率均值却呈现出综合型>地方型>文娱型>资源型>工业型,其效率均值分别为0.823、0.709、0.633、0.599、0.575,各效率均值的离散系数为0.150。考虑非期望产出,使得各城市的土地利用效率均值分别下降了0.090、0.174、0.219、0.068、0.092。尽管从均值水平已经能初步判定各职能城市间的土地利用效率差异,但为更好的验证这个差异,本文用SPASS软件进行了F检验,无论是否考虑非期望产出,其结果都显示 $P<0.05$ 。

可以看出,考虑非期望产出时的效率值要明显低于不考虑时的效率值,说明忽视城市土地利用过

表4 2004—2015年各职能城市的土地利用效率均值差异

Table 4 Mean differences of the land use efficiency of functional cities from 2004 to 2015

综合型	不考虑非期望产出	考虑非期望产出	资源型	不考虑非期望产出	考虑非期望产出	工业型	不考虑非期望产出	考虑非期望产出	文娱型	不考虑非期望产出	考虑非期望产出	地方型	不考虑非期望产出	考虑非期望产出
北京	1.000	0.974	盘锦	0.952	0.948	大连	0.965	1.000	潮州	0.951	0.942	三亚	0.965	1.000
上海	0.989	1.000	包头	1.00	0.924	苏州	0.954	0.925	镇江	0.875	0.845	承德	0.824	0.792
广州	0.962	0.996	东营	0.975	1.00	无锡	1.000	0.945	嘉兴	0.964	1.00	安庆	0.945	0.924
深圳	0.952	0.965	邯郸	0.635	0.612	十堰	0.724	0.702	海口	0.934	0.901	汉中	0.923	0.879
天津	0.936	0.902	湖州	0.962	0.971	洛阳	0.632	0.605	珠海	1.00	0.964	金华	1.000	0.968
重庆	0.872	0.852	大庆	0.884	0.875	株洲	0.745	0.712	泰安	0.763	0.751	新乡	0.812	0.782
...	—	—	...	—	—	...	—	—	...	—	—	...	—	—
东莞	0.713	0.729	阳泉	0.542	0.502	绵阳	0.524	0.495	聊城	0.564	0.531	武威	0.798	0.762
郑州	0.712	0.689	达州	0.578	0.564	湘潭	0.532	0.502	开封	0.442	0.422	玉林	0.644	0.631
太原	0.682	0.641	金昌	0.554	0.524	宜宾	0.498	0.472	西宁	0.421	0.412	铁岭	0.542	0.534
长春	0.636	0.598	白银	0.472	0.456	遵义	0.432	0.425	延安	0.395	0.375	酒泉	0.567	0.523
均值	0.913	0.823	均值	0.773	0.599	均值	0.794	0.575	均值	0.701	0.633	均值	0.801	0.709

程中的生态负效应,造成了对土地利用效率的高估。无论是从离散系数还是从 F 值检验结果都可以看出,各职能城市的土地利用效率存在较大的差异,说明按城市职能类型来测度土地利用效率的科学性和必要性。此外,不同条件对各职能城市土地利用效率的影响程度不同,对工业型和资源型城市的影响程度最大,考虑非期望产出使得它们的效率值分别降低了27.58%和22.50%,而文娱型城市仅降低了9.70%。原因可能是工业型和资源型城市受资源和环境要素的影响较大,其非期望产出比重较大,而文娱型城市的第二产业比重较小,其非期望产出比重也较小,进而造成了各职能城市在不同条件下的效率差异。

在不考虑非期望产出条件下(图1a),2004—

2015年各职能城市的土地利用效率值曲线相对陡峭且周期性变化较多,综合型、资源型、工业型、文娱型和地方型城市的土地利用效率值离散系数分别为0.093、0.122、0.106、0.062、0.063。其中,资源型、工业型和综合型城市的效率值离散程度最大,周期性变化最为明显,尤其表现在2008年金融危机前后。金融危机发生前,经济发展主要依靠投资拉动,大量资本涌入城市,推动着城市建设,促进了土地利用效率的提升,而后期受金融危机和经济刺激政策的影响,土地利用投入发生变化,带来了土地利用效率的“L型”增长。与之不同,文娱型和地方型城市的效率值离散程度较小,其效率值分别从2004年的0.606和0.690,增长到了2015年的0.800和0.928,这两类城市更聚焦本地区社会经济的发

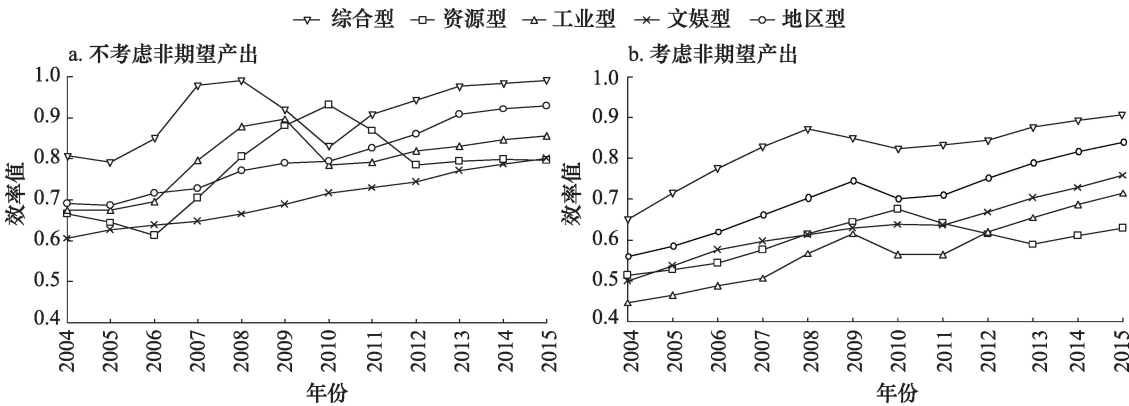


图1 2004—2015年各职能城市在不同条件下的土地利用效率变化

Figure 1 Change of land use efficiency in different cities under different conditions from 2004 to 2015

展,受外部市场波动的影响较小。

在考虑非期望产出条件下(图1b),2004—2015年各职能城市的土地利用效率值曲线变化相对平缓且周期性变化较少,综合型、资源型、工业型、文娱型和地方型城市的土地利用效率值离散系数分别为0.084、0.086、0.085、0.073、0.079,效率值呈现出“Z型”增长。综合型城市效率值从2004年的0.650增长到了2015年的0.907,增幅为39.54%,资源型城市效率值从2004年的0.514增长到了2015年的0.629,增幅为22.37%,工业型城市效率值更是从2004年的0.447增长到了2015年的0.716,增幅达60.12%,文娱型城市效率值则从2004年的0.500增长到了2015年的0.761,增幅达52.12%,地方型城市效率值也从2004年的0.562增长到了2015年的0.841,增幅为49.75%。出现上述较大的增幅变化,原因在于早期城市建设不太注重生态保护,其非期望产出比重较高,而最近几年各职能城市都开始注重生态环境建设,其非期望产出比重降低,导致前后两时期的效率值出现较大差异。

可以看出,在考虑非期望产出条件下,各职能城市土地利用效率值曲线的波动要小于不考虑非期望产出时的波动,原因是非期望产出一定程度“削平”了个别年份虚高的效率值。无论是否考虑非期望产出,各职能城市的土地利用效率均存在较大差异,原因是各职能城市的发展定位、用地方针、产业政策等存在不同,导致其土地利用效率存在较大差异。此外,从测算结果看,无论是否考虑非期望产出,绝大部分城市的效率值都显著低于1,这说明中国各职能城市的土地利用效率水平还存在较大的提升空间。

4.2 不同职能城市土地利用效率驱动因素探究

首先,对影响城市土地利用效率的因素进行综合预判,建立相应的指标体系,见表5。然后,利用灰色关联度模型进行验证,参考相关研究^[10],将关联度划分为四类:弱关联度[0, 0.25]、较弱关联度(0.25, 0.5]、较强关联度(0.5, 0.75]、强关联度(0.75, 1],最终结果见表6。

(1)城市经济发展水平的高低,影响着单位土

表5 城市土地利用效率驱动因素及说明

Table 5 The driving force and explanation of urban land use efficiency

影响因素	变量说明	变量类型
经济发展水平 X_1	城市人均GDP/万元	连续变量
产业结构 X_2	第二产业增加值占地区GDP比重/%	连续变量
城镇化水平 X_3	城镇人口比重/%	连续变量
对外依赖程度 X_4	进出口总值占地区GDP比重/%	连续变量
环境治理能力 X_5	环境治理投资额占工业增加值比重/%	连续变量
地区能源结构 X_6	煤炭消费量占一次能源消费量比重/%	连续变量
土地的市场化程度 X_7	土地一级市场招拍挂地块数占总出让地块数之比/%	连续变量
政府规制 X_8	政府财政支出占GDP比重/%	连续变量

表6 各驱动因素与各职能城市土地利用效率的灰色关联度

Table 6 Grey relational degree of each influence factor and urban land use efficiency of different functional cities

驱动因素	综合型		资源型		工业型		文娱型		地方型	
	灰色关联度	关联等级	灰色关联度	关联等级	灰色关联度	关联等级	灰色关联度	关联等级	灰色关联度	关联等级
经济发展水平	0.796 4	强	0.622 5	较强	0.691 3	较强	0.851 7	强	0.927 7	强
产业结构	0.891 3	强	0.917 9	强	0.947 7	强	0.632 9	较强	0.573 6	较强
城镇化水平	0.548 1	较强	0.493 7	较弱	0.726 4	较强	0.887 3	强	0.856 0	强
对外依赖程度	0.741 9	较强	0.837 7	强	0.228 3	弱	0.531 9	较强	0.588 1	较强
环境治理能力	0.814 8	强	0.726 3	较强	0.749 1	较强	0.797 5	强	0.475 2	较弱
地区能源结构	0.241 3	弱	0.404 2	较弱	0.793 2	强	0.204 3	弱	0.222 9	弱
土地市场化程度	0.879 9	强	0.217 3	弱	0.811 5	强	0.293 9	较弱	0.678 3	较强
政府规制	0.472 7	较弱	0.806 9	强	0.492 6	较弱	0.471 7	较弱	0.811 3	强

2018年5月

地面积上各类要素投入的多寡,进而影响着土地利用效率,具体采用城市人均GDP进行表征^[10,32]。

(2)城市土地是各类产业的物质载体,而产业结构的调整又会带动土地利用结构优化,进而促进土地利用效率的提升^[32,33],具体采用第二产业增加值占地区GDP比重进行表征。

(3)城镇化的发展改变着区域土地利用状况,深刻影响着城市土地的空间结构和配置效率,具体采用城镇人口比重来进行表征^[12]。

(4)对外依赖程度不仅反映了城市的发展水平,而且作用于相关产业的分工和布局,影响着相关产业的土地利用效率,具体采用进出口总值占GDP比重来进行表征^[2,34]。

(5)环境治理能力反映了城市对各类经济活动环境负效应的控制,直接影响着城市土地利用过程中的非期望产出,具体采用环境治理投资额占工业增加值比重来进行表征^[34]。

(6)城市土地是各类生产和生活活动的空间载体,这些活动的有效运转离不开能源的投入,而能源的利用结构不仅影响着土地的期望产出,也影响着土地的非期望产出,具体采用煤炭消费占一次能源消费比重来进行表征^[35]。

(7)土地作为重要的投入要素,土地市场发育程度直接影响着资源的配置效率和水平,具体采用土地一级市场招拍挂地块数占总出让地块数之比来进行表征^[2,10]。

(8)政府在城市基础设施建设、规划管制等方面发挥着巨大作用,影响着各类主体对土地资源的利用,具体采用政府财政支出占GDP比重来进行表征^[12,36]。

可以看出,多数驱动因素与土地利用效率值的关联度都在0.5以上,说明了初步预判的准确性。在此,从城市异质性角度出发,对各职能城市的主要驱动因素进行了分析:

(1)作为发展较为成熟的一线城市,综合型城市的土地利用效率主要受产业结构、土地市场化程度和环境治理能力的影响,其关联程度分别达到了0.8913、0.8799和0.8148。产业结构的优化升级不仅能提高单位土地产出水平,而且能促进土地、资本和劳动力等生产要素的合理匹配,带来土地利用

效率的提升^[8,12]。综合型城市的土地市场化程度较高,竞争性的土地开发环境促进了土地利用效率的提升。此外,综合型城市越来越注重提升城市环境质量,增加环境治理投入来降低土地利用过程中的生态负效应,促进土地利用效率提升。

(2)作为以资源开采、加工为主导的城市,资源型城市的土地利用效率主要受产业结构、对外依赖程度和政府规制的影响,其关联程度分别为0.9179、0.8377和0.8069。资源型城市的产业结构相对单一,产业间未形成良性的地租竞价机制,土地利用过程中的生态负效应也较高,制约了土地利用效率的提升。资源型城市对外依赖程度较高,进出口贸易状况很大程度影响着经济发展,也影响着各类经济主体的土地利用效益。此外,资源型城市受政府规制的影响较大,许多城市的资源开采区和职工生活区建设受到国家主管部门的直接控制,政府在土地开发和利用过程中扮演着重要角色^[37]。

(3)作为以工业生产为主导的城市,工业型城市的土地利用效率主要受产业结构、土地市场化程度和地区能源结构的影响,其关联度分别为0.9477、0.8115和0.7932。城市二三产业的发展能够吸引区域内人、财、物的空间聚集,有利于规模效应的产生,促进单位土地产出增加,带动土地利用效率的提升。由于土地市场发育的不成熟,使得工业用地价值得不到显化,一定程度扭曲了企业的用地行为,制约着土地利用效率的提升^[33,36]。此外,工业型城市对能源的依赖程度较高,地区能源结构直接影响着土地利用过程中的生态负效应,进而也影响着土地利用综合效率。

(4)作为以文化和娱乐业为主导的城市,文娱型城市的土地利用效率主要受城镇化水平、经济发展水平和环境治理能力的影响,其关联程度分别为0.8873、0.8517、0.7975。城镇化水平的提升能够有效吸引各类要素聚集,尤其是人口的聚集,而要素聚集能够促进土地利用产出效率的增加。作为城镇化发展的动力,经济发展水平直接影响着城市建设水平,而城市建设水平不仅影响着文娱型城市的吸引力,也影响着城市的土地利用效率。此外,为了吸引更多的消费者,文娱型城市十分重视环境保护投入,环境治理能力直接影响着土地利用效率的提升^[7]。

(5)地方型城市大多属于三四线小城市,城市职能不够明显,辐射范围相对较小,土地利用效率主要受经济发展水平、城镇化水平和政府规制的影响,其关联程度分别为0.9277、0.8560和0.8113。作为地方型小城市,其主要依靠吸引周边要素来推动城市的发展,经济发展水平和城镇化水平直接影响着城市的各项建设,进而也影响着土地的利用效率^[7-8]。此外,由于市场化活力不足,基础设施建设主要靠政府来推动,政府规制在城市建设中扮演着重要角色,进而也影响着土地的利用效率。

5 结论与建议

5.1 结论

(1)不考虑非期望产出条件下,综合型、资源型、工业型、文娱型和地方型城市的土地利用效率均值相对较高,分别为0.913、0.773、0.794、0.701、0.801,而在考虑非期望产出条件下,各职能城市的效率均值相对较低,分别为0.823、0.599、0.575、0.633、0.709。说明忽视城市土地利用过程中的生态负效应,一定程度引起了对土地利用效率的高估,而考虑非期望产出,能够更加真实的测算出土地利用效率。无论是从离散系数还是从F值检验结果都可以看出,各职能城市的土地利用效率均值存在较大的差异,验证了按照城市职能类型来测度土地利用效率的科学性和必要性。

(2)不考虑非期望产出条件下,2004—2015年各职能城市的土地利用效率值曲线相对陡峭且周期性变化较多。其中,资源型、工业型和综合型城市的效率值离散程度最大,分别达为0.122、0.106和0.093,而文娱型和地方型城市的效率值离散程度较小,仅分别为0.062和0.063。考虑非期望产出条件下,2004—2015年各职能城市的土地利用效率值曲线相对平缓且周期性变化较少,呈现出“Z型”增长趋势。综合型、资源型、工业型、文娱型和地方型城市的土地利用效率值增幅分别达到了39.54%、22.37%、60.12%、52.12%和49.75%。绝大部分城市的土地利用效率值都显著低于1,说明土地利用效率还存在较大提升空间。

(3)从城市异质性角度来看,各职能城市土地利用效率的主要驱动因素存在显著差异。其中,综合型城市主要受产业结构、土地市场化程度和环境

治理能力的影响,资源型城市主要受产业结构、对外依赖程度和政府规制的影响,工业型城市主要受产业结构、土地市场化程度和地区能源结构的影响,文娱型城市主要受城镇化水平、经济发展水平和环境治理能力的影 响,地方型城市主要受经济发展水平、城镇化水平和政府规制的影响。

5.2 建议

(1)对于综合型城市来说,一方面要借助产业结构优化升级,推动城市内部土地利用结构优化,用地指标要向低能耗、低污染、高效益产业倾斜,促进土地利用效益的提升。另一方面,继续推进土地供应机制改革,探索建立多元化供地机制,推进城中村开发和旧城改造,充分挖掘闲置和低效土地利用潜力,提高土地利用效率。此外,不断增强城市的环境治理能力,增加环境保护资金投入力度,强化土地利用规划管制,科学布局“三生”用地,优化城市内部土地利用生态格局,提高城市土地利用效率。

(2)对于资源型城市来说,一方面要通过产业结构调整来带动土地利用结构优化,规范资源开采和加工类行业用地,严格执行国家相关的产业用地标准,建立低效用地退出和补偿机制,增加高新技术产业和现代服务业的供地指标,提高土地利用的综合效率。另一方面,通过优化进出口贸易结构,发展多元化经营,增强各类经济主体抵御外部风险的能力,保障单位土地产出效益的稳定。此外,积极发挥政府的作用,加快推进棚户区改造和塌陷区治理,增加城市基础设施建设投入,不断提升城市土地利用效率。

(3)对于工业型城市来说,一方面要加快产业结构优化升级,逐步将城市范围内高能耗、高污染、资源利用率低的企业进行迁移或关闭,将节省下来的用地指标用来支持新兴产业的发展,提高各类产业用地的利用效率。另一方面,继续推进工业用地出让制度改革,改变以往“土地招商”式的工业用地出让方式,建立能够反应市场供需关系的土地价格形成机制,探索建立工业用地弹性出让机制。此外,积极推进区域能源结构调整,着力增加非化石能源、天然气等清洁能源比重,提高能源利用效率,有效降低土地利用过程中的非期望产出。

(4)对于文娱型城市来说,一方面要立足自身

2018年5月

城市特色,积极推进城镇化发展,着力提升人口城镇化水平,增强城市建设的内生动力。另一方面,大力发展城市经济,不断吸引周边各类资源进入城市,加快城市基础设施建设,增加单位土地上各类资源的投入,提高土地的投入产出效益。此外,不断增强环境治理能力,增加生态环境建设投入,减少城市土地开发过程中的非期望产出,提升土地利用的综合效率。

(5)对于地方型城市来说,一方面要立足区域实际,积极推动区域城镇化建设,增强城市的资源凝聚力,增加单位土地要素投入,有效提升土地利用效率。另一方面,要大力发展城市经济,拉近与周边区域的产业联系,增进城乡互动,增强城市发展的内生动力,增加单位土地上的经济产出效益。此外,充分发挥政府的作用,不仅要继续增加财政投入,优化PPP城建模式,科学合理推动城市基础设施建设,还要通过合理的规划管制来优化土地利用空间结构,提升土地的配置效率。

参考文献(References):

- [1] Lichtenberg E, Ding C R. Local officials as land developers: urban spatial expansion in China[J]. *Journal of Urban Economics*, 2009, 66(1): 57-64.
- [2] 王良健,李辉,石川. 中国城市土地利用效率及其溢出效应与影响因素[J]. *地理学报*, 2015, 70(11): 1788-1799. [Wang L J, Li H, Shi C. Urban land-use efficiency, spatial spillover, and determinants in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(11): 1788-1799.]
- [3] 国家统计局城市社会经济调查司. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010-2016. [The National Bureau of Statistics of Social and Economic Investigation Department. China City Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2010-2016.]
- [4] 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, 37(7): 1384-1393. [Zhang Y J, Jin H. Research on efficiency of urban construction land and the drive mechanism in the Mid-Yangtze River[J]. *Resources Science*, 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. [Yang H Q, Hu Y, Wang Q X. Evaluation of land use efficiency in three major urban agglomerations of China in 2001-2012[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(9): 1095-1100.]
- [6] 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, 39(4): 597-607. [Yue L, Li W B. Typical urban land use efficiency in China under environmental constraints based on DDF-Global Malmquist-Luenberger index modeling[J]. *Resources Science*, 2017, 39(4): 597-607.]
- [7] 舒帮荣,李永乐,曲艺,等. 不同职能城市建设用地扩张及其驱动力研究: 基于中国137个地级以上城市的考察[J]. *南京农业大学学报(社会科学版)*, 2014, 14(2): 86-92. [Shu B R, Li Y L, Qu Y, et al. Urban land expansion and its driving forces in different functional cities: an empirical analysis based on 137 cities in China[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University(Social Sciences Edition)*, 2014, 14(2): 86-92.]
- [8] 吴得文,毛汉英,张小雷,等. 中国城市土地利用效率评价[J]. *地理学报*, 2011, 66(8): 1111-1121. [Wu D W, Mao H Y, Zhang X L, et al. Assessment of urban land use efficiency in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(8): 1111-1121.]
- [9] 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, 36(4): 712-721. [Yang Q K, Duan X J, Ye L, et al. Efficiency evaluation of city land utilization in the Yangtze River Delta using a SBM-Undesirable model[J]. *Resources Science*, 2014, 36(4): 712-721.]
- [10] 张立新,朱道林,杜挺,等. 基于DEA模型的城市建设用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. [Zhang L X, Zhu D L, Du T, et al. Spatiotemporal pattern evolution and driving factors of urban construction land use efficiency using data envelopment analysis[J]. *Resources Science*, 2017, 39(3): 418-429.]
- [11] Odeck J, Bråthen S. A meta-analysis of DEA and SFA studies of the technical efficiency of seaports: a comparison of fixed and random-effects regression models[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2012, 46(10): 1574-1585.
- [12] 陈伟,吴群. 长三角地区城市建设用地经济效率及其影响因素[J]. *经济地理*, 2014, 34(9): 142-149. [Chen W, Wu Q. Economic efficiency of urban construction land and its influential factors in Yangtze river delta[J]. *Economic Geography*, 2014, 34(9): 142-149.]
- [13] Fang C L, Guan X L, Lu S S, et al. Input-output efficiency of urban agglomerations in China: an application of Data Envelopment Analysis (DEA)[J]. *Urban Studies*, 2013, 50(13): 2766-2790.
- [14] 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. [Liang L T, Zhao Q L, Chen C. Analysis on the characters of spatial disparity of urban land use efficiency and its optimization in China[J]. *China Land Science*, 2013, 27(7): 48-54.]
- [15] 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(5): 145-150. [Huang Y L, Wang Y

- L, Bu X G, *et al.* Assessment of the land use benefits in a city scale: a case study of Shenzhen[J]. *Tropical Geography*, 2006, 26(5): 145–150.]
- [16] 曹银贵, 周伟, 乔陆印, 等. 中国东部地区城市建设用地变化与利用效益分析[J]. 地理科学进展, 2012, 31(7): 869–877. [Cao Y G, Zhou W, Qiao L Y, *et al.* Research on urban construction land changes and using benefit in eastern China[J]. *Progress in Geography*, 2012, 31(7): 869–877.]
- [17] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(3): 498–509.
- [18] 聂雷, 郭忠兴, 彭冲. 基于SBM-Undesirable和Meta-frontier模型的城市建设用地利用效率研究[J]. 资源科学, 2017, 39(5): 836–845. [Nie L, Guo Z X, Peng C. Construction land utilization efficiency based on SBM-Undesirable and Meta-frontier model[J]. *Resources Science*, 2017, 39(5): 836–845.]
- [19] 胡晓琳. 中国省际环境全要素生产率测算、收敛及其影响因素研究[D]. 南昌: 江西财经大学, 2016.[Hu X L. Total Factor Productivity Calculation, Convergence and Influencing Factors[D]. Nanchang: Jiangxi University of Finance and Economics, 2016.]
- [20] Avkiran N, Tone K, Tsutsui M. Bridging radial and non-radial measures of efficiency in DEA[J]. *Annals of Operations Research*, 2008, 36(2): 317–324.
- [21] 鲁春阳, 文枫, 杨庆媛, 等. 不同职能城市土地利用结构特征分析[J]. 中国土地科学, 2011, (8): 27–34.[Lu C Y, Wen F, Yang Q Y, *et al.* Study on the characteristics of urban land use structures in cities with different functions[J]. *China Land Sciences*, 2011, (8): 27–34.]
- [22] 周一星, 孙则听. 再论中国城市的职能分类[J]. 地理研究, 1997, 16(1): 11–22. [Zhou Y X, Sun Z Y. Rediscussion on China's urban function classification[J]. *Geographica Research*, 1997, 16(1): 11–22.]
- [23] Tone K. An epsilon-based measure of efficiency in DEA—a third pole of technical efficiency[J]. *European Journal of Operational Research*, 2010, 207(3): 1554–1563.
- [24] Cheng G, Zhen H Q. An Epsilon-based Measure of Efficiency in DEA: An Alternative Method for the Affinity Index [R]. Mpra Paper, 2011.
- [25] Young A. Gold into Base Metals: Productivity Growth in the People's Republic of China during the Reform Period [R]. NBRE Working Paper No. 7856, 2000.
- [26] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952–2000[J]. 经济研究, 2004, (10): 35–44. [Zhang J, Wu G Y, Zhang J P. The estimation of China's provincial capital stock: 1952–2000[J]. *Economic Research Journal*, 2004, (10): 35–44.]
- [27] 国家统计局城市社会经济调查司. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005–2016. [The National Bureau of Statistics of Social and Economic Investigation Department. China City Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2005–2016.]
- [28] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城市建设统计年鉴[M]. 北京: 中国计划出版社, 2005–2016.[Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the PRC. China Urban Construction Statistics Yearbook[M]. Beijing: China Planning Press, 2005–2016.]
- [29] 国家统计局工业统计司. 中国工业统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005–2016. [National Bureau of Statistics of Industry of China. China Industry Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistics Press, 2005–2016.]
- [30] 国家环境保护总局. 中国环境统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005–2016. [State Environmental Protection Administration. China Environment Year Book[M]. Beijing: China Statistics Press, 2005–2016.]
- [31] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [EB/OL]. (2016–12–30)[2017–07–08]. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>.
- [32] 豆建民, 汪增洋. 经济集聚、产业结构与城市土地产出率: 基于我国234个地级城市1999–2006年面板数据的实证研究[J]. 财经研究, 2010, 36(10): 26–36. [Dou J M, Wang Z Y. Economic agglomeration, industrial structure and urban land productivity: empirical study based on the panel data of 234 municipalities in China from 1999 to 2006[J]. *Journal of Finance and Economics*, 2010, 36(10): 26–36.]
- [33] 施昱年. 产业关联与土地生产效率关系研究: 以北京市海淀区为例[J]. 中国土地科学, 2016, 30(4): 52–60. [Shi Y N. Industrial relations and land productive efficiency: a case study of Haidian District in Beijing[J]. *China Land Sciences*, 2016, 30(4): 52–60.]
- [34] 狄乾斌, 孟雪. 基于非期望产出的城市发展效率时空差异探讨: 以中国东部沿海地区城市为例[J]. 地理科学, 2017, 37(6): 807–816. [Di Q B, Meng X. Spatial and temporal disparities of urban development efficiency of coastal cities in China based on undesirable outputs[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(6): 807–816.]
- [35] 师傅, 沈坤荣. 城市化、产业集聚与EBM能源效率[J]. 产业经济研究, 2012, (6): 10–16. [Shi B, Shen K R. Urbanization, industrial agglomeration and EBM energy efficiency[J]. *Industrial Economics Research*, 2012, (6): 10–16.]
- [36] 张志辉. 中国城市土地利用效率研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2014, (7): 134–149. [Zhang Z H. Study of Chinese urban land use efficiency[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2014, (7): 134–149.]
- [37] 岳瑞峰. 基于DEA模型的资源型城市土地利用效率研究[D]. 晋中: 山西农业大学, 2015. [Yue R F. Study Based on DEA Method of Land Use Efficiency on Resource-Based City[D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2015.]

Differential characteristics and driving factors of land use efficiency in different functional cities based on undesirable outputs

FAN Pengfei, FENG Shuyi, SU Min, XU Mingjun

(College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Studying the differential characteristics and driving factors of land use efficiency in different functional cities under the condition of undesirable outputs has great significance for urban sustainable development. This paper applied the improved EBM model in DEA to measure land use efficiency for 268 Chinese cities across five categories. Grey correlation modeling was used to explore the main driving factors of land use efficiency. We found that ignoring ecologically negative effects leads to an overestimation of land use efficiency. Land use efficiency of each functional city was different, proving that the measurement was scientific in terms of city function type. Land use efficiency curves were relatively steep and had periodic variation without considering the undesirable output while this curve became relatively gentle and had less periodic variation when taking the undesirable output into consideration. The main driving factors of land use efficiency in different functional cities contain significant differences. For integrated cities these driving factors included industrial structure, degree of land marketization and capacity of environmental governance; for resource-based cities they were industrial structure, external dependence, government regulation, industrial structure; for industry-based cities they were the degree of land marketization and regional energy structure; for entertainment-based cities they were the level of urbanization, economic development and capacity of environmental governance; for local cities it was mainly affected by the level of urbanization, economic development and government regulation. We need to fully consider the undesirable output and city heterogeneity in order to improve urban land use efficiency and determine different land management policies.

Key words: undesirable output; urban function; urban land use efficiency; DEA-EBM model; driving factors; China