

引用格式: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]. DOI: 10.18402/resci.2017.03.04

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

张立新¹,朱道林^{1,2},杜挺¹,谢保鹏¹

(1. 中国农业大学资源与环境学院,北京 100193; 2. 中国土地政策与法律研究中心,北京 100193)

摘要:研究城市建设用地利用效率时空格局演变及驱动因素,对城市可持续发展具有重要的理论及实践意义。本文通过构建DEA模型测度了2009-2013年中国31个省、市、自治区城市建设用地利用效率,并利用空间统计模型分析其时空格局演变特征,运用灰色关联度模型探究了城市建设用地利用效率时空分异的主要驱动因素。研究表明:2009-2013年,中国省际城市建设用地利用综合效率呈上升态势,但效率不高,表现出显著的空间差异;中国省际城市建设用地利用效率呈现空间自关联性,且局部空间格局演变特征表现为综合效率空间格局变化不大,纯技术效率总体空间格局变化显著,规模效率空间格局与综合效率趋于一致;城市建设用地利用效率空间格局演变主要受城镇化水平、经济发展水平、产业结构、科技水平、区位条件、土地市场化程度等6个因素影响,但各个因素在不同研究期的作用大小存在差异。

关键词:城市建设用地;土地利用效率;时空格局;驱动因素;中国

DOI: 10.18402/resci.2017.03.04

1 引言

城市建设用地作为城市功能的载体,为城市社会、经济活动提供了重要的场所^[1]。其利用效率状况直接影响到城市的可持续发展^[2]。随着城市化的不断推进,城市建设用地的快速扩张已成为中国土地利用的重要特征^[3]。然而,城市建设用地无序扩张必将影响耕地保护政策的落实、乃至威胁到国家粮食安全问题^[4]。当前中国经济发展进入新常态,处于经济增长换挡期、结构调整阵痛期、前期刺激政策消化期的“三期叠加”新阶段。新时期下,资源环境约束日益加剧,发展的路径依赖和思维惯性依旧强烈,发展的质量和效率亟待提高。因此,面对新时期的新要求,如何更加合理高效利用城市建设用地资源,成为当前城市发展亟需突破的瓶颈,提高城市建设用地利用效率,对推动城市可持续发展

具有重要的理论与现实意义。

国外城市土地利用效率研究始于20世纪20年代,主要从理论和实证两方面展开。通过城市土地利用理论研究,形成了生态学、经济区位学、社会行为学、政治经济学等不同的学派。此外,国外研究重视城市地域结构,归纳总结了城市土地利用类型的空间分布模式^[5,6],奠定了城市土地利用研究的理论基础^[7]。国外土地利用效率实证研究主要集中在城市土地扩张^[8]、城市土地扩张与城市等级之间的关系^[9]及城市土地利用效率评价方法^[10]等方面。国内学者对城市建设用地利用效率开展了卓有成效的研究,研究视角上,从城市间相互作用力^[11]、经济增长与城市建设用地关系^[12]等方面对城市建设用地利用效率进行了探究;研究方法上,采用数据包络法(DEA)^[13,14]、SBM-Undesirable模型^[15]、聚类分析

收稿日期:2016-07-24;修订日期:2016-12-24

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项经费资助项目(201211001)。

作者简介:张立新,女,山西怀仁人,博士生,主要研究方向为土地经济与土地政策。E-mail: dixin897@126.com

通讯作者:朱道林, E-mail: dlzhu@cau.edu.cn

2017年3月

法和判别分析法^[16]对城市建设用地利用效率进行评价与分析;研究尺度上,涉及全国^[17]、区域^[14]、城市^[18,19]等。

纵观上述研究成果,城市建设用地利用效率研究侧重数理统计定量分析与评价,对全国大尺度时间序列上城市建设用地利用效率的空间分异演变规律的探究不足,且进一步剖析其驱动因素的研究也相对较少。基于此,本文通过构建城市建设用地利用效率测度指标体系,运用数据包络分析法(DEA模型),测度了2009-2013年全国城市建设用地利用效率;并采用地统计分析的全局Moran's I指数、热点分析、Gi*指数,分析了2009-2013年全国城市建设用地利用效率时空演变特征;最后,利用灰色关联分析模型探究城市建设用地利用效率时空格局演化的驱动因素。

2 研究方法与数据来源

2.1 研究方法

2.1.1 数据包络分析法

数据包络分析(Data Envelopment Analysis, 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,以相对效率概念为基础,运用数学线性规划评价多投入多产出模式下决策单元DMU间的相对有效性^[20,21]。数据包络分析方法以决策单元的输入输出权重作为变量,模型采用最优化方法来内定权重,避免了确定各指标权重时所产生的主观性;通过使用线性规划的方法,回避了函数模型选择的问题及对随机变量分布假设选择的问题,并且在技术描述形式为多投入和多产出时能以实物的形式表示,避开价格体系不合理等非技术因素对距离函数的影响,是分析输入输出效率的有效方法^[12]。此外,该方法无需权重假设及对数据无量纲化处理,评价结果较客观,因此,本文首先采用规模报酬不变模型(CRS)下的投入导向型来对耕地利用综合效率进行测算。

假设将对 j 个地区土地利用效率进行评价, X_0 、 Y_0 分别为决策单元的投入与产出,将各省际视为一个决策单元($j=1,2,\dots,n$),每个地区(DMU)都有 m 种投入变量和 r 种产出变量; X_{jm} 表示第 j 个地区的第 m 种投入总量; Y_{jr} 表示 j 个地区的第 r 种产出的总量。 λ_j 为权重变量,使各个有效点连接起来形成有

效前沿面,用以判断各地区的规模收益状况。据此构建出省际城市建设用地利用效率规模报酬变化模型如下:

$$\begin{cases} \text{Min}[\theta - \varepsilon(e^T s^+ + \hat{e}^T s^-)] \\ \text{s.t.} \sum_{j=1}^n X_{jm} \lambda_j + s^- = \theta X_0, \quad m=1, 2, \dots, M \\ \sum_{j=1}^n Y_{jr} \lambda_j - s^+ = Y_0, \quad r=1, 2, 3, \dots, R \\ \lambda_j \geq 0, \quad s^+ \geq 0, \quad s^- \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中 θ ($0 < \theta \leq 1$)表示土地投入产出的综合效率指数; λ_j 为权重变量; s^+ 为剩余变量, s^- 为松弛变量; ε 为非阿基米德无穷小量, $e^T = (1, 1, \dots, 1) \in E^r$ 与 $\hat{e}^T = (1, 1, \dots, 1) \in E^m$ 均为单位空间向量。 θ 值越接近1,表示建设用地利用综合效率越高, $\theta=1$ 表示综合效率最优。

若在CRS模型的约束条件中加入假设条件

$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$,方程(1)可以转化为规模报酬可变模型

(VRS模型),通过VRS模型可把综合效率分解成纯技术效率和规模效率,且综合效率表示为纯技术效率和规模效率的乘积^[22]。通过模型测算城市建设用地利用效率,得到综合效率(TE)反映省际城市建设用地资源要素配置、利用和规模集聚效率综合度量;纯技术效率(PTE)反映特定生产技术水平决定的资源要素配置水平;规模效率(SE)反映城市资源投入规模集聚的效率。利用VRS模型可测得纯技术效率指数 θ_0 ($0 < \theta_0 \leq 1$)。规模效率(简称SE)可通过方程 $SE = \theta/\theta_0$ 计算得到,其中 $0 < SE \leq 1$ 。

2.1.2 空间统计模型

(1)全局空间自相关。Global Moran's I指数测度空间相邻或相近区域单元属性值在整个研究区域内空间相关性的总体趋势^[23,24]。全局Moran's I指数公式为:

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

式中 n 为研究对象的个数; X_i 与 X_j 分别表示 i 、 j 区域的观测值; W_{ij} 为空间权重矩阵(空间相邻为1,不相邻为0); S^2 为观测值的方差; \bar{X} 为观测值的平

均值。本文运用空间自相关指数来测度城市建设用地利用效率在全局空间上的关联程度。在给定显著水平下,若Moran's I值为正,表示城市建设用地效率整体呈显著空间集聚;若Moran's I值为负,则说明城市建设用地效率整体呈显著空间分异。

(2)热点分析 G_i^* 指数。 G_i^* 用于分析不同空间区域的热点区和冷点区,从而测度局部空间自相关特征,其公式为:

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij}(d) X_j}{\sum_{j=1}^n X_j} \quad (3)$$

式中 W_{ij} 为空间权重矩阵(空间相邻为1,不相邻为0)。若 G_i^* 为正显著,表明 i 周围值相对较高,属于热点区;反之 i 周围值相对较低,属于冷点区。

本文采用Global Moran's I, G_i^* 指数来测度全国省际城市建设用地利用效率的空间格局特征。其中全局Moran's I指数是对效率在整个区域空间特征的描述,以此来衡量省际间空间关联及差异特征;在此基础上采用局部 G_i^* 指数描述效率局部空间异质特征,以此判别局部空间分异规律。

2.2 指标选择与数据来源

根据柯布道格拉斯生产函数,将城市建设用地利用效率通过土地、资本及劳动力的投入产出之比相对数来衡量^[1,11]。从以往文献来看,城市建设用地利用效率的投入指标多选取城市建设用地面积、市区固定资产投资、市区第二、三产业从业人员来分别反映土地、资本、劳动力的投入,产出指标多选取城市二、三产业增加值及地方政府财政收入来反映城市用地产出^[12-14]。文献多关注城市建设用地的经济产出效益,而对环境效益涉足不够。本文认为城市建设用地利用效率是城市建设用地资源综合利用程度的反映,可表现为城市范围内建设用地及其所承载的资金、劳动力和能源投入与所产生的经济效益、环境效益的相互关系,其有效反映了资源配置情况^[25],是建设用地资源价值的实现程度^[26]。基于本文以上概念内涵的鉴定,城市建设用地利用效率不仅考虑经济效益,同时也关注其环境效益。因此,遵循代表性、可获取性等指标选取原则,结合以往相关研究成果^[27,28],从城市建设用地投入和产出两方面选取指标,构建城市建设用地利用效率DEA

评价体系。在DEA投入上,选取城市建设用地面积 T_1 、城市固定资产投资总额 T_2 、城市非农从业人员 T_3 共3项指标分别表征城市土地、资本和劳动力投入因素;在DEA产出上,选取城市非农(二、三产业)产值 C_1 、城市财政收入 C_2 、城市公园绿地面积 C_3 指标。分别表征经济效益和环境效益产出因素。

数据来源:《中国城市统计年鉴(2010-2014年)》^[29]、《中国统计年鉴(2010-2014年)》^[30]、《中国城市建设统计年鉴(2009-2013年)》^[31]、《国土资源统计年报(2010-2014年)》^[32]。为保持统计口径的一致性,对城市固定资产投资总额、城市非农产值、城市财政收入进行平滑处理,消除价格因素的影响,确保数据的可比性。

3 省际城市建设用地利用效率评价及时空格局演变

3.1 城市建设用地利用效率评价结果

通过以上方法及指标,利用DEA模型,借助MaxDEA软件,分别计算出中国省际单元城市建设用地利用综合效率、纯技术效率及规模效率(图1、表1)。

3.1.1 综合效率

反映城市建设用地利用投入与产出的相对量,通过单位面积城市建设用地投入与其产出取得的有效成果来衡量。时序上来看,2009-2013年城市建设用地利用效率整体上呈现波动上升态势。2009年、2013年中国省际城市建设用地利用的平均综合效率分别为0.717、0.800,达到最优水平的71%~80%,全国省际城市建设用地利用综合效率总体

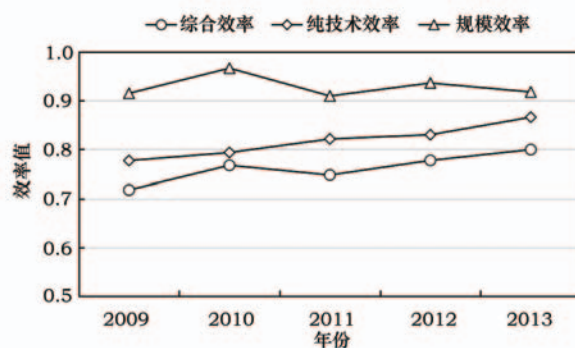


图1 2009-2013年中国城市建设用地利用效率值

Figure 1 The using efficiency of land used for urban construction of China from 2009 to 2013

表1 2009年、2013年中国省际城市建设用地利用效率值

Table 1 The using efficiency for provincial urban construction land of China in 2009 and 2013

地区	2009年			2013年		
	综合效率	纯技术效率	规模效率	综合效率	纯技术效率	规模效率
北京	0.994	1.000	0.994	1.000	1.000	1.000
天津	0.991	1.000	0.991	1.000	1.000	1.000
河北	0.846	0.871	0.971	0.879	0.948	0.927
山西	0.666	0.716	0.931	0.783	0.883	0.887
内蒙古	0.541	0.770	0.702	0.590	0.699	0.844
辽宁	0.797	0.822	0.969	0.881	0.922	0.955
吉林	0.778	0.805	0.967	0.807	0.855	0.944
黑龙江	0.595	0.660	0.902	0.749	0.815	0.919
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
江苏	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
浙江	0.897	0.916	0.979	0.999	1.000	0.999
安徽	0.649	0.706	0.919	0.789	0.880	0.898
福建	0.860	0.883	0.974	0.961	0.983	0.978
江西	0.632	0.694	0.911	0.795	0.888	0.895
山东	0.851	0.877	0.970	0.899	0.937	0.959
河南	0.684	0.732	0.935	0.779	0.860	0.906
湖北	0.726	0.763	0.952	0.839	0.877	0.957
湖南	0.721	0.760	0.949	0.844	0.882	0.956
广东	0.979	0.979	0.999	0.970	0.985	0.985
广西	0.539	0.650	0.829	0.658	0.749	0.878
海南	0.829	0.849	0.977	0.849	0.884	0.961
重庆	0.707	0.753	0.939	0.797	0.839	0.950
四川	0.605	0.667	0.907	0.699	0.797	0.878
贵州	0.552	0.716	0.771	0.740	0.838	0.883
云南	0.627	0.694	0.904	0.693	0.805	0.861
西藏	0.499	0.630	0.792	0.579	0.696	0.832
陕西	0.647	0.697	0.929	0.784	0.872	0.899
甘肃	0.510	0.681	0.749	0.556	0.700	0.794
青海	0.482	0.577	0.835	0.529	0.688	0.770
宁夏	0.609	0.659	0.925	0.768	0.850	0.905
新疆	0.526	0.656	0.803	0.594	0.706	0.840
均值	0.717	0.777	0.915	0.800	0.866	0.918

不高,但5年间整体上呈现上升趋势,全国平均涨幅为11.58%。且2009年、2013年分别有2个、4个省份综合效率达到了DEA效率最优,分别占到全国31个省份总数的6.5%和12.9%。其中,2009年除西藏、青海地区城市建设用地利用综合效率低于0.5以外,其它地区综合效率趋于0.5~1.0之间。2013年各省、市、自治区直辖市的综合效率均在0.5以上。2009-2013年间,经济发达省份(如北京、天津、上海、江苏、广东等)综合效率较高;西藏、青海、甘

肃等西部经济欠发达地区综合效率值较低。

3.1.2 纯技术效率

从技术层面反映城市建设用地科技投入水平是否达到了相对最优产出。时序上来看,2009-2013年,城市建设用地利用纯技术效率呈现逐步上升的态势。2009年、2013年全国31个省、市、自治区直辖市纯技术效率平均值分别为0.777、0.866,5年间,全国城市建设用地平均纯技术效率提高了11个百分点。2009年,北京、天津、上海、江苏4个省市城

市建设用地利用纯技术效率达到最优,占总数比例的12.9%;2013年,北京、天津、上海、江苏以及浙江5个省市也达到纯技术效率最优,占总数比例的16.1%。

3.1.3 规模效率

从规模角度来反映各地区在一定规模投入水平上是否达到城市建设用地利用的相对最优产出。时序上来看,2009-2013年,城市建设用地利用规模效率呈波动上升态势,且2010年达到5年来的最高值为0.967。其中,2009年、2013年全国平均规模效率值分别为0.915、0.918,5年间,全国城市建设用地平均规模效率提高了0.3%。2009年、2013年全国分别有2个、4个省际单元达到DEA效率最优,占到全国31个省市地区总数比例的6.5%和12.9%。从规模效率达到最优数的个数来看,其与综合效率最优数一致,且小于纯技术效率最优数,对综合效率达到最优有较大影响。

3.2 省际城市建设用地利用效率空间格局演变

3.2.1 总体空间格局演化特征

本文利用GeoDa095分析软件,计算2009年、2013年全国省际城市建设用地利用综合效率值的全局Moran's I指数,来分析全国省际城市建设用地利用效率总体格局演化特征。通过计算,2009年、2013年省际城市建设用地利用效率值的全局Moran's I指数均在1%的检验显著水平上,通过显著性检验,表明全国省际城市建设用地利用效率呈现正向空间自相关性,说明城市建设用地利用效率高(低)相邻省际单元相对集聚,呈现出集聚模式。2009-2013年全国省际城市建设用地利用效率全局Moran's I值由0.3498提高到0.3548,呈现增长趋势,表明2009年以来,省际城市建设用地利用效率的空间相关显著性有所增强,集聚态势有所凸显。然而,全局Moran's I值的变化幅度不大,说明省际城市建设用地利用效率空间分布格局相对稳定,未发生较大的变动。

3.2.2 局部空间格局演化特征

在省际城市建设用地利用综合效率总体空间分异格局分析基础上,本文进一步对其局部空间集聚格局演化特征进行探究。利用ArcGIS10.0软件中空间统计模块(Spatial Statistics Tools)计算出

2009年、2013年各省城市建设用地利用综合效率、纯技术效率、规模效率的局域 G_i^* 指数,并采用自然断点法将 G_i^* 值由高到低分为4类:效率热点区、次热点区、次冷点区、冷点区,绘制出2009-2013年全国城市建设用地利用效率空间格局局部集聚演变图(图2)。

综合效率上,总体空间格局变化不大。热点区主要集中于东部地区,空间格局由零星分布演变为带状分布。2009年热点区域主要集中于北京、天津、上海、江苏以及广东;2013年热点区域范围有所扩大,由东部个别省市延伸拓展至东南沿海地区。次热点地区空间分布上呈现由东部沿海向中部地区推移的态势。2009年次热点区均分布于东部沿海地区,2013年则由东部沿海地区向中部地区推移,但涵盖的省份个数有所减少。次冷点地区空间分布格局变化不大。2009年次冷点区集中分布于中、西部地区的陕西、四川、重庆、云南、宁夏以及东北的黑龙江等地区;2013年次冷点区个数上有所减少,整体格局变化不大。冷点区呈集中连片分布格局,且变化不大。2009年冷点区域主要集中于西北的新疆、西藏、青海、甘肃、内蒙古,西南地区的广西、贵州等7个省份,2013年冷点地区,除了贵州由冷点区域变为次冷点区域,其总体分布格局与2009年基本保持一致,主要集中于西北、西南地区。

纯技术效率上,总体空间格局变化较大。热点区空间分布格局有所扩展。2009年城市建设用地利用效率热点区域主要分布于京津地区以及上海、江苏、广东;2013年则逐步延伸至东部沿海区域,且数量由2009年的5个扩展为2013年的9个。次热点区域空间分布格局由东部向中部延伸,形成集中连片区。从2009年的沿东部沿海地区带状分布,演变为2013年片状分布格局,数量由7个增加到10个。次冷点区域分布格局显著缩小。2009年次冷点区呈现集中连片分布格局,涵盖了内蒙古、山西、河南、湖北、湖南、江西、安徽、陕西、重庆、贵州、云南11个省市地区,占到研究区总数的35.5%;而2013年次冷点区域数量大幅降低,仅涵盖6个省市,且主要分布于西南地区和东部地区。冷点区域空间分布格局局部发生变化。其中内蒙古由次冷点区域演变为冷点区域,黑龙江、宁夏、四川则由冷

2017年3月

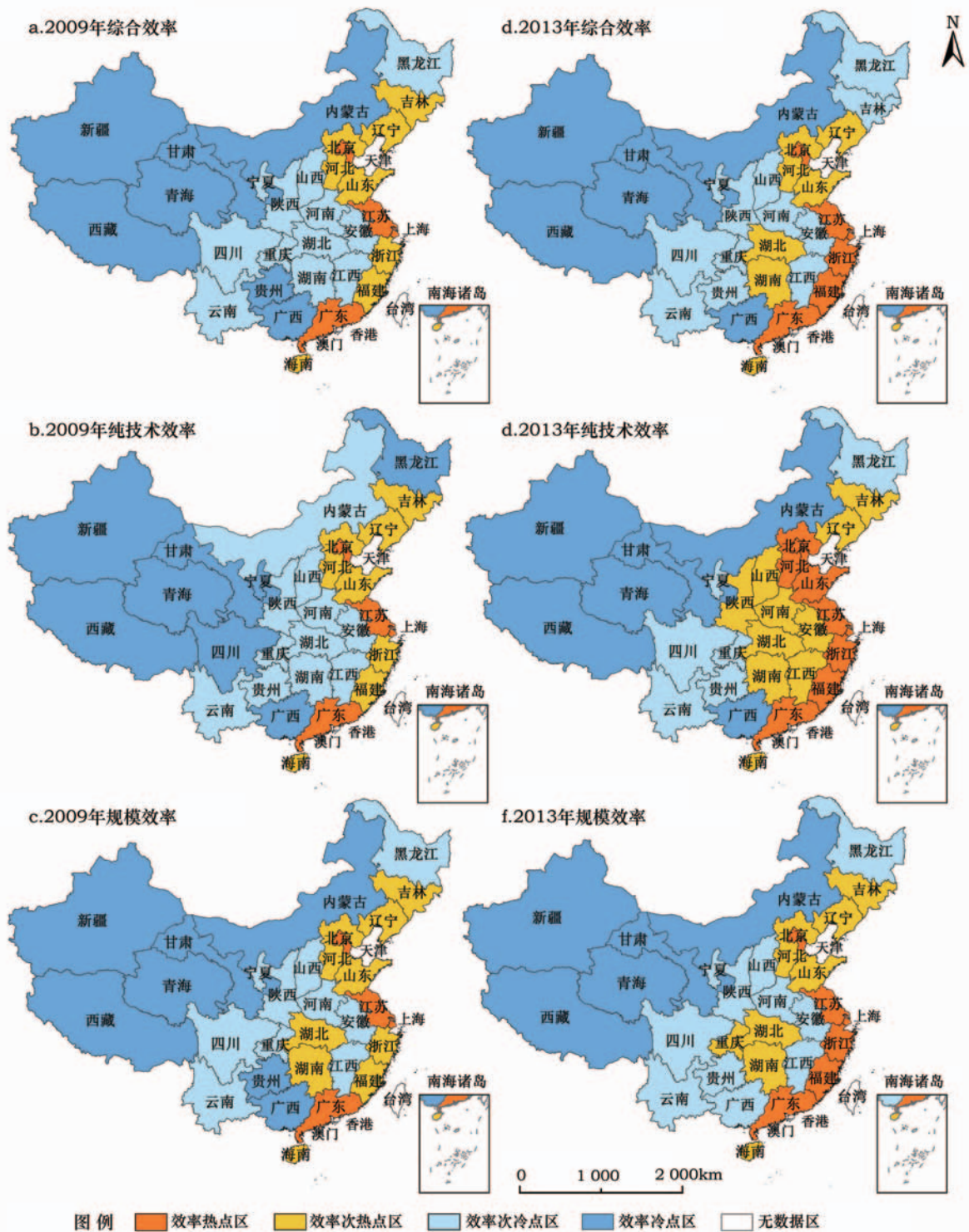


图2 2009年,2013年中国省际城市建设用地利用效率空间格局

Figure 2 Spatial pattern of using efficiency for provincial urban construction land of China in 2009 and 2013

点区域演变为次冷点区域,整体数量略有所下降。

规模效率上,总体空间格局与综合效率较一致,变化不大。热点区空间分布格局由点状变为带

状。2009年热点区域集中于北京、天津、上海、江苏、广东以及东部个别省市,2013年则延伸拓展至东南沿海地区,呈现带状分布格局。次热点区域分

布相对分散,变化显著。2009年次热点区域主要分布于吉林、辽宁、河北、山东、江西、福建、湖南、湖北,2013年次热点区域,数量略有所减少,区域变化明显,如江苏、福建由次热点区域演变为热点区域,重庆则由次冷点区域演变为次热点区域。次冷点区呈现面状集中分布,格局有所变化。次冷点区主要集中于中部、西南部地区,且个数由2009年的10个增加到2013年的11个。冷点区域空间格局总体变化不大,数量有所减少。2009年冷点地区主要集中于新疆、青海、西藏、甘肃、内蒙古、甘肃7个省份,呈现集中连片分布格局;2013年冷点区域数量缩减为5个,均分布于西北地区,而西南地区的贵州、广西由冷点区域演变为次冷点区域。

4 省际城市建设用地利用效率驱动因素分析

4.1 驱动因素选取

中国省际城市建设用地利用效率存在明显的空间差异,其空间演变特征受到多种因子相互作用影响,厘清建设用地利用效率时空变化的主要驱动因素,对城市建设用地合理利用具有参考意义。综合考虑中国城市建设用地使用的现实情况,根据已有研究,首先对城市建设用地利用效率的主要驱动因素进行预判,进而选择具体影响因素对其作用机理进行验证。

以往学者研究成果表明^[12,13,24],城镇化发展改变了城市土地利用现状,影响着城市建设用地的空间利用格局与配置;城市经济发展水平的高低,决定着单位面积城市土地上各要素投入的多少,进而影响城市建设用地利用效率;产业结构的调整与改善会对城市建设用地利用效率产生积极影响;市场机制可有效地促进资源的合理配置和有效利用,对城市建设用地利用效率产生影响;此外,本文进一步

考虑区位条件及科技水平对城市建设用地利用效率的作用。基于此,假设城镇化水平、经济发展水平、产业结构、土地市场化程度、区位条件、科技水平会对城市土地利用效率产生影响,并选取具体指标(表2)判断各驱动因素与城市建设用地效率之间的关系。

4.2 分析模型

灰色关联分析是一种建立在灰色系统理论上,对系统发展变化态势定量描述的方法。它根据评价因素间的几何接近程度来确定评价因素的关联程度,且对样本量的多少均适用,计算较方便^[33,34]。因此,本文通过计算灰色关联度来判定城市建设用地综合效率的驱动因素。计算步骤如下:

(1)确定比较数列和参考数列,分别记为 X_{ij} 和 X_{0j} ($i=1,2,3,\cdots,m; j=1,2,3,\cdots,n$);

(2)运用初始化方法,对参考数列和比较数列进行无量纲化处理,公式如下:

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{i1}}$$
 (4)

式中 X'_{ij} 为无量纲化值; X_{ij} 为比较数列; X_{i1} 为初始值。

(3)计算灰色关联度:

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{\min_i \min_j |X'_{0j} - X'_{ij}| + \mu \max_i \max_j |X'_{0j} - X'_{ij}|}{|X'_{0j} - X'_{ij}| + \mu \max_i \max_j |X'_{0j} - X'_{ij}|}$$
 (5)

式中 δ 为灰色关联度; $\min_i \min_j |X'_{0j} - X'_{ij}|$ 、 $\max_i \max_j |X'_{0j} - X'_{ij}|$ 分别为极差最小值和极差最大值; μ 为分辨率取值0.5。

4.3 驱动因素分析

分别以2009年、2013年城市建设用地利用综合效率值为参考数列,上述6个驱动因素为比较数

表2 驱动因素的描述及说明

Table 2 The description and explanation of driving factors

解释变量	定义	变量类型
城镇化水平 X1	采用城镇人口比重表征/%	连续变量
经济发展水平 X2	地区人均GDP/亿元	连续变量
产业结构 X3	二、三产业产值占地区生产总值的比重/%	连续变量
科技水平 X6	研究与发展经费投入强度	连续变量
区位条件 X4	东部地区=1,中部地区=2,西部地区=3	虚拟变量
土地市场化程度 X5	城市一级市场土地招拍挂地块数在总出让地块总占比/%	连续变量

2017年3月

表3 2009年、2013年各驱动因素与城市建设土地利用效率的灰色关联度

Table 3 Grey relational degree of each influence factor and urban construction

影响因素	land use efficiency in 2009 and 2013			
	2009年		2013年	
	灰色关联度	关联等级	灰色关联度	关联等级
城镇化水平	0.892 6	强	0.739 7	中
经济发展水平	0.741 3	中	0.806 7	强
产业结构	0.879 4	强	0.918 6	强
科技水平	0.729 7	中	0.876 9	强
区位条件	0.809 0	强	0.727 6	中
土地市场化程度	0.592 1	中	0.605 6	中

列,据公式(4)至公式(5)计算各驱动因素与城市建设土地利用效率关联度。并按照以往研究,将灰色关联度按照强弱程度分为3类^[27]:弱关联度[0, 0.35]、中关联度(0.35, 0.75)、强关联度(0.75, 1.00]。

计算结果见表3,2009年、2013年,中国城市建设土地利用效率与各驱动因素的关联度系数均在0.5以上,说明以上假设所选的驱动因素对城市建设土地利用效率均有重要影响。然而6个因素对城市建设土地利用效率的影响处于不断变化中,其中在2009年,6个因素对城市建设土地利用效率的作用大小依次为:城镇化水平>产业结构>区位条件>经济发展水平>科技水平>土地市场化程度。在2013年,6个因素对城市建设土地利用效率的作用大小依次为:产业结构>科技水平>经济发展水平>城镇化水平>区位条件>土地市场化程度。可见,中国城市建设土地利用效率的时空差异主要由城镇化水平、经济发展水平、产业结构、区位条件、科技水平、土地市场化程度等6个因素相互作用的结果,但各因子在不同时间的作用大小存在显著的差异。在此,进一步阐释各个因素对城市建设土地利用效率的影响作用。

4.3.1 城镇化水平

城镇化水平对城市建设土地利用效率产生重要影响。全国城镇化水平从2009年的49%增加到2013年的54%,随着城镇化水平的不断提高,促使人口和经济等资源向城市集聚,从而提高了城市建设用地高效利用水平。但研究期内,城镇化水平的灰色关联度系数,从2009年的0.8926降到2013年的0.7397,表明城镇化水平对城市建设土地利用效率的影响作用有所下降。

4.3.2 经济发展水平

经济发展水平对城市建设土地利用效率的影响在研究期内有所加强,从2009年的中度关联(0.7413)变为2013年的强度关联(0.8067)。经济发展水平的提高,促使城市规模不断扩大,城市经济发展改变以往粗放的增长方式,从而推动城市建设土地利用效率的提升。

4.3.3 产业结构

产业结构的灰色关联度从2009年的0.8794增加到2013年的0.9186,这表明,其对城市建设土地利用效率的影响逐渐增强。一方面,产业结构的调整,带动作为生产要素的土地和资本要素相对价格的变化,使得城市土地利用得到更大的边际产出效益;另一方面,产业结构升级会不断提高城市土地集约利用度,推动城市土地利用结构的优化。

4.3.4 科技水平

科技水平的关联度2009年为0.7297,2013年增加到0.8769,2013年其对城市建设土地利用效率的影响作用仅次于产业结构居第二位,这表明,科技水平对城市建设土地利用效率的影响作用逐渐凸显。科学技术的进步可有效推动区域产业结构调整,同时促进土地利用技术的改善,从而转变城市土地利用方式,提高城市土地利用效率。

4.3.5 区位条件

区位条件与城市建设土地利用效率的灰色关联度系数在2009年、2013年分别为0.8090、0.7276,且从城市建设土地利用效率空间格局变化(图2)亦可以看出,效率高值区多集中于经济发达的东部地区,效率低值区多集中于西部地区,说明城市建设土地利用效率在一定程度上受到区位条件的影

响。然而,从其灰色关联度研究期的变化情况来看,区位条件对城市建设用地利用效率的影响相对减弱。

4.3.6 土地市场化程度

2009年与2013年土地市场化程度与城市建设用地利用效率的灰色关联度均低于0.75,表明土地市场化程度对城市建设用地利用效率的影响程度与其他因素相比较小,但仍起到一定的作用。通过市场机制发挥资源配置的作用,可以有效促使城市建设用地利用效率的提升,从而一定程度上推动城市建设用地利用效率的时空演变。

5 结论与讨论

5.1 结论

本文运用DEA模型测度了2009-2013年中国31个省、市、自治区的城市建设用地利用效率,综合利用Global Moran's I、Gi*指数空间统计模型分析了全国省际间城市建设用地利用效率的时空格局演变特征,最后通过灰色关联度分析模型探讨了城市建设用地利用效率空间格局差异形成的主要驱动因素,得到如下结论:

(1)2009-2013年,中国省际城市建设用地利用达到DEA效率最优的地区相对较少,其中,综合效率达到了DEA效率最优的地区,2009年、2013年分别只占到研究区总数的6.5%和12.9%。综合效率、纯技术效率以及规模效率整体上均呈现上升态势。此外,全国城市建设用地利用效率空间差异显著,DEA效率达到最优的地区多分布于东部经济发达地区。

(2)中国省际城市建设用地利用效率总体上呈现显著的空间自关联性,且局部空间格局演变特征表现为:综合效率总体空间格局变化不大,主要体现在其热点区由零星分布演变为带状分布,次热点区呈现由东部沿海向中部内陆推移的态势;纯技术效率总体空间格局变化较大,主要体现在热点区空间分布格局有所扩展,次热点区由东部向中部延伸,并形成集中连片区,次冷点区域范围显著缩小;规模效率总体空间格局与综合效率较一致,变化不大。

(3)城市建设用地利用效率受到城镇化水平、经济发展水平、产业结构、科技水平、区位条件以及

土地市场化程度等因素的影响,且其时空差异的演变是以上6个因素相互作用的结果,但各因素在不同研究期的作用大小存在显著的差异。

5.2 讨论

本文通过对城市建设用地利用效率的测度及时空格局演化的分析,较全面掌握城市建设用地利用效率的时空格局演变特征及主要驱动因素,可为未来制定城市建设用地利用效率提升政策提供科学借鉴。

本研究尚存在一些不足之处:首先,考虑到数据的可获取性及操作性,城市建设用地利用效率评价指标涉及投入、产出两方面,要素指标的选取仍有待于进一步完善与改进;其次,本文分析了从2009-2013年城市建设用地利用效率的时空演变,时间序列较短,有待进一步深入探究较长时间序列的效率时空格局演变趋势;再则,城市建设用地利用效率驱动因素之间的相互作用机理及未来相关优化对策有待在后续研究中进一步思考完善;最后,《国土资源“十三五”规划纲要》明确提出对城市建设用地总量的控制,故未来城市建设用地利用效率的提高,亟待加强对存量建设用地的挖潜力度,来控制城市建设用地的无序扩张。然而,具体到微观城市的建设用地挖潜的潜力大小判断,以及如何通过挖潜提高城市建设用地利用效率有待进一步深入探究。

根据城市建设用地利用效率的时空格局特征及其驱动因素的分析,本文从以下几方面提出改善城市建设用地利用效率的政策启示:

(1)基于省际城市建设用地利用效率普遍不高的现状,结合当前供给侧结构性改革的大背景,推动各地区提高土地资源配置的质量和效率,一方面,通过增加指标,多种方式供地,保障新产业新业态用地给予;另一方面,清理处置批而未供和闲置土地,盘活低效的存量建设用地。

(2)基于省际城市建设用地利用效率的空间差异,综合考虑区域间的经济与城市化发展水平、土地市场化程度,因地制宜,制定适合各地区提高土地利用效率的政策。东部地区,通过旧城改造、城中村开发、闲置低效土地再开发等途径挖掘城市存量土地潜力;中部地区,发挥区位优势,调整产业结

2017年3月

构吸纳东部地区产业链转移,改变经济增长方式,增加土地投入产出程度;西部地区,从严控制增量,加强建设用地的挖潜。

参考文献(References):

- [1] 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.]
- [2] 刘彦随,邓旭升,甘红. 我国城市土地利用态势及优化对策[J]. 重庆建筑大学学报, 2005, 27(3): 1-4. [Liu Y S, Deng X H, Gan H. The state and optimization countermeasures of urban land-use in China[J]. *Journal of Chongqing Jianzhu University*, 2005, 27(3): 1-4.]
- [3] 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.]
- [4] Weng Q, Liu H, Lu D. Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States[J]. *Urban Ecosyst*, 2007, 10(2): 203-219.
- [5] Bardo J W, Hartman J J. Urban Sociology: A Systematic Introduction[M]. Itasca: F E Peacock, 1982.
- [6] Man C. Congestion effects of spatial growth restrictions: A model and empirical analysis[J]. *Real Estate Economics*, 1997, 25(3): 409-438.
- [7] 刘盛和,吴传钧,陈田. 评析西方城市土地利用的理论研究[J]. 地理研究, 2001, 20(1): 111-119. [Liu S H, Wu C J, Chen T. A critical review on the progress of urban land use theories in the West[J]. *Geographical Research*, 2001, 20(1): 111-119.]
- [8] John G, Geua B G, Glen S. Urban land expansion in India 1992-2012[J]. *Food Policy*, 2015, 56(3): 100-113.
- [9] Han L, Yehua D W, Felix H L. Administrative hierarchy and urban land expansion in transitional China[J]. *Applied Geography*, 2015, 56(2): 177-186.
- [10] Chen Y, Chen Z, Xu G, et al. Built-up land efficiency in urban China: Insights from the general land use plan (2006-2020)[J]. *Habitat International*, 2016, 51: 31-38.
- [11] 柯新利,丁璐,马才学. 城市间相互作用力对城市建设用地利用效率影响研究-以武汉城市圈为例[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2014, 48(5): 761-767. [Ke X L, Ding L, Ma C X. The impact of the interactions of cities on the land use efficiency in urban constructions-a case of Wuhan Metropolitan Area[J]. *Journal of Huazhong Normal University (Nat.Sci.)*, 2014, 48(5): 761-767.]
- [12] 杜官印,蔡运龙. 1997-2007年中国建设用地在经济增长中的利用效率[J]. 地理科学进展, 2010, 29(6): 693-700. [Du G Y, Cai Y L. Technical efficiency of built-up land in China's economic growth during 1997-2007[J]. *Progress in Geography*, 2010, 29(6): 693-700.]
- [13] 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.]
- [14] 钟成林,胡雪萍. 中国城市建设用地利用效率、配置效率及其影响因素[J]. 广东财经大学学报, 2015, 30(4): 62-73. [Zhong C L, Hu X P. The utilization and allocation efficiency of Chinese construction land and its influencing factors[J]. *Journal of Guangdong University of Finance & Economics*, 2015, 30(4): 62-73.]
- [15] 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.]
- [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] 李永乐,舒帮荣,吴群. 中国城市土地利用效率:时空特征、地区差距与影响因素[J]. 经济地理, 2014, 34(1): 133-139. [Li Y L, Shu B R, Wu Q. Urban land use efficiency in China: Spatial and temporal characteristics, regional difference and influence factors[J]. *Economic Geography*, 2014, 34(1): 133-139.]
- [18] 曹广忠,白晓. 中国城镇建设用地经济密度的区位差异及影响因素-基于273个地级及以上城市的分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(2): 12-18. [Cao G Z, Bai X. On the location difference and influencing factors of the economic density of urban construction land in China: Evidence from 273 prefecture-level cities[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2010, 20(2): 12-18.]
- [19] 朱道林,赵小双,林瑞瑞. 我国城市土地利用结构及其利用效益[J]. 现代城市研究, 2013, (7): 16-19. [Zhu D L, Zhao X S, Lin R R. The structure and benefit of urban land utilization in China[J]. *Modern Urban Research*, 2013, (7): 16-19.]
- [20] 戚焦耳,郭贯成,陈永生. 农地流转对农业生产效率的影响研究-基于DEA-Tobit模型的分析[J]. 资源科学, 2015, 37(9):

- 1816-1824. [Qi J E, Guo G C, Chen Y S. The impact of farmland transfer on agricultural production efficiency based on the DEA-Tobit model[J]. *Resources Science*, 2015, 37(9): 1816-1824.]
- [21] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429-444.
- [22] 刘佳, 陆菊, 刘宁. 基于 DEA-Malmquist 模型的中国沿海地区旅游产业效率时空演化、影响因素与形成机理[J]. *资源科学*, 2015, 37(12): 2381-2393. [Liu J, Lu J, Liu N. Space-time evolution, influencing factors and forming mechanisms of tourism industry's efficiency in China's coastal area of based on DEA-Malmquist model[J]. *Resources Science*, 2015, 37(12): 2381-2393.]
- [23] 张荣天, 焦华富. 转型期省际城镇土地利用绩效格局演变与机理[J]. *地理研究*, 2014, 33(12): 2251-2262. [Zhang R T, Jiao H F. Performance of urban land use pattern evolution and mechanism in China during the transformation period[J]. *Geographical Research*, 2014, 33(12): 2251-2262.]
- [24] 王芳, 高晓路. 内蒙古县域经济空间格局演化研究[J]. *地理科学*, 2014, 34(7): 818-824. [Wang F, Gao X L. Spatial pattern evolvement of the economy in inner Mongolia at the county level [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(7): 818-824.]
- [25] 林坚, 马珣. 中国城市群土地利用效率测度[J]. *城市问题*, 2014, (5): 9-14. [Lin J, Ma X. Measurement of land use efficiency of urban agglomeration in China[J]. *Urban Problems*, 2014, (5): 9-14.]
- [26] 王昱, 丁四保, 卢艳丽. 建设土地利用效率的区域差异及空间配置-基于 2003-2008 年中国省际面板数据[J]. *地域研究与开发*, 2012, 31(6): 32-138. [Wang Y, Ding S B, Lu Y L. Regional differences in construction land use efficiency and the spatial allocation: Based on Chinese provincial panel data from 2003 to 2008[J]. *Areal Research and Development*, 2012, 31(6): 32-138.]
- [27] 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.]
- [28] 张军涛, 孙振华, 张明斗. 中国城市土地利用效率的动态测度及影响因素-基于 DEA-Tobit 两步法的分析[J]. *数学的实践与认识*, 2014, 44(11): 54-63. [Zhang J T, Sun Z H, Zhang M D. The dynamic measurement of urban land use efficiency in China and influencing factors-based on DEA-Tobit two-stage methods[J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2014, 44(11): 54-63.]
- [29] 国家统计局. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010-2014. [National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. China City Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistical Publishing House, 2010-2014.]
- [30] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010-2014. [National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. Statistical Yearbook of China[M]. Beijing: China Statistical Publishing House, 2010-2014.]
- [31] 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: 中国统计出版社, 2009-2013. [Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. China Urban Construction Statistical Yearbook[M]. Beijing: China Statistical Publishing House, 2009-2013.]
- [32] 国土资源年鉴编辑部. 中国国土资源年鉴[M]. 北京: 中华人民共和国国土资源部, 2010-2014. [The Editorial Staff of China Land & Resources Almanac. China Land & Resources Almanac [M]. Beijing: Ministry of Land and Resources the People's Republic of China, 2010-2014.]
- [33] 刘贤赵, 张安定, 李嘉竹. 地理学数学方法[M]. 北京: 科学出版社, 2009. [Liu X Z, Zhang A D, Li J Z. Mathematical Methods for Geography[M]. Beijing: Science Press, 2009.]
- [34] 谢汀, 刘爱宁, 高雪松, 等. 基于信息熵和灰色关联的成都市建设用地结构时空变化及驱动力分析[J]. *农业现代化研究*, 2015, (1): 118-125. [Xie T, Liu A N, Gao X S, et al. Temporal-spatial changes and driving forces of built-up land structure in Chengdu City based on information entropy and gray correlative degree analyses[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2015, (1): 118-125.]

Spatiotemporal pattern evolvement and driving factors of urban construction land use efficiency using data envelopment analysis

ZHANG Lixin¹, ZHU Daolin^{1,2}, DU Ting¹, XIE Baopeng¹

(1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Center for Land Policy and Law, Beijing 100193, China)

Abstract: Exploring spatial and temporal pattern evolution and driving factors of urban construction land use efficiency has important theoretical and practical significance for urban sustainable development. Here, 31 provinces in China were taken as the research object to measure urban construction land use efficiency using data envelopment analysis. At the same time, ArcGIS was used to explore the spatiotemporal characteristics of urban construction land use efficiency evolution. Driving factors are discussed using grey correlation modeling. We found that from 2009-2013, provincial urban construction land use efficiency increased, but the efficiency value was not high. Spatial differences in urban construction land use efficiency were remarkable. Overall, the use efficiency of urban construction land in China shows significant spatial autocorrelation. The evolution of local spatial patterns was characterized by the following features: comprehensive efficiency of spatial pattern change was small and pure technical efficiency of the overall spatial pattern change was large. The overall spatial pattern of the scale efficiency was consistent with that of comprehensive efficiency, and the overall pattern changed little. The urbanization level, level of economic development, industrial structure, degree of marketization of land, level of science and technology and location conditions all affect urban construction land use efficiency, but the role of these factors in different research issues differed.

Key words: urban construction land; land use efficiency; spatiotemporal pattern; driving factors; China