



# 土地经济密度研究方法综述

刘小莹

(南京农业大学 公共管理学院,江苏 南京 210095)

**摘要:**随着我国工业化、城镇化进程的加速,城市土地作为城市社会和经济发展的基础逐渐成为最具潜力的国有资产,而土地经济密度指标作为城市经济增长在空间上的映射也逐渐进入学术视野。为推进土地经济密度研究,采用文献研究法,在对土地经济密度相关研究文献进行梳理的基础上,相对完整地汇总了当前土地经济密度问题研究中的研究方法。对基础的比较法中绝对差异比较和相对差异比较的常用指标进行了简述,对库兹涅茨曲线在研究中的应用领域进行了整理,说明了 Arcgis 软件在相关问题研究中的应用并介绍了其常用功能,对相对复杂的空间自相关分析法和密度估计法的原理进行了解释。旨在明确各类方法在土地经济密度研究中的用途及应用进程,以期突破单一化的现状,能够在层次性、综合性上有所提升。

**关键词:**城市土地;土地经济密度;研究方法

随着中国的工业化、城镇化持续快速发展,城市土地作为城市社会和经济发展的基础逐渐成为最具潜力的国有资产,随着时间的推移,全国多地逐渐出现城市用地低效,城市供地紧张的情形,在这种城市土地资源利用与经济矛盾的矛盾日益凸显的情形下,对土地利用程度的把握日益重要。

从城市的发展历程看,人们对土地的利用及随之产生的经济产出,正是城市经济发展的重要历程,在此过程中,城市土地充当着各种经济活动的载体,将城市经济增长反映在空间上即为土地经济密度。城市土地经济密度反映了在城市持续发展进程中城市用地的扩展与其带来经济上增长的协调效率的关键指标,它能够衡量土地上的投入与产出效率,城市土地的经济效益,以及城市土地管理的水平。本文对土地经济密度研究的研究方法进行了梳理汇总并对其基本原理进行了解释,旨在明确各类方法在该类研究中的用途及应用进程,以期突破土地经济密度问题的研究方法单一化的现状,能够在层次性、综合性上有所提升,进而为推进该问题的研究进程做出贡献。

## 1 土地经济密度的内涵

罗罡辉等<sup>[1]</sup>提出,国内外众多学者习惯于使用城市的 GDP 产值与城市建成区面积之比作为粗略衡量城市用地效益的方法,这种方法具有简便、直观的优点,并且能基本反映各个城市的用地水平,但 GDP 是城市总面积所对应的宏观度量,

是一个综合经济量,而城市总面积又是远远超越建成区面积的,因而为保证研究的精细程度,便将城市面积缩小为建成区面积。

目前,城市土地经济密度指标的含义尚未被尽然诠释,同时评价指标的选择标准也未明确界定。罗文斌等<sup>[2]</sup>认为城市单位建成区面积上的二三产业增加值能更好地反映城市土地经济密度。

采用城市单位建成区面积上的第二三产业增加值作为土地经济密度的测度方式<sup>[3]</sup>,公式如下:

$$LED = \frac{Q}{P}$$

式中,LED 为土地经济密度,Q 为区域内第二、三产业增长值之和,P 为区域内城镇建设用占地面积总和<sup>[4]</sup>。

## 2 土地经济密度的研究方法

概括来讲,土地经济密度研究主要采取定量分析的方法,根据实际需要选择有关系数、指数以及模型进而实现深层剖析,如空间密度分析、核密度估计法、变差系数、泰尔指数,Moran's I 指数、加权平均重心、相对发展率、库兹涅茨曲线等,同时,土地经济密度的分析往往离不开以 ArcGIS 为主,GIS 平台软件作为辅助工具来呈现其在空间上的分布状况,分析空间上存在的联系,如利用 ArcGIS 进行空间密度分析,此外 Geoda 软件由于其部分功能的简易性在土地经济密度分析中也有所应用<sup>[5]</sup>。

绝大多数学者在研究土地经济密度问题时所选取的样本数据都是面板数据,根据土地经济密度评价指标确定评价标准后收集一定年限内的相关数据,计算土地经济密度数值后进行深入分析。

收稿日期:2018-06-25

作者简介:刘小莹(1997-),女,在读学士,从事土地资源管理研究。E-mail:njnylx@126.com。

## 2.1 比较法在土地经济密度分析中的应用

土地经济密度问题研究中比较法运用广泛,其中包括绝对差异比较与相对差异比较。在绝对差异比较中最为基础和普遍的分析方法是土地经济密度平均值、中位数等指标的比较分析,包括各评价单元之间的比较以及某个单元与其所在区域之间的比较,除此以外极差分析在单元内纵向变化的分析中也经常使用。

2.1.1 变差系数 土地经济密度分析中常用的一种指标,它是一组数据的标准差与其均值的百分比,是测算数据离散程度的相对指标,是一种相对差异量数,公式如下:

$$CV = \frac{1}{y} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y)^2}$$

式中, $CV$ 为变差系数, $y$ 为地区平均经济密度, $y_i$ 为城市的经济密度, $n$ 为城市个数<sup>[6]</sup>。

2.1.2 泰尔指数 鉴于泰尔指数的可分解性,在土地经济密度研究中经常会看到泰尔指数的身影。泰尔指数的可分解性在于将总体差异分解为组内与组间差异,并计算以上两种差异对总体差异的贡献情况,公式如下:

$$T = \sum_{i=1}^N \frac{p_i}{p} \log \frac{y_i}{y} = T_{WR} + T_{BR}$$

$$T_{WR} = \sum_{g=1}^G P_g T_g$$

$$T_{BR} = \sum_{g=1}^G P_g \log \frac{P_g}{V_g}$$

式中, $T$ 为泰尔指数, $T_{WR}$ 为区内差异, $T_{BR}$ 为区间差异, $y_i$ 为城市 $i$ 的土地经济密度, $y$ 为地区的平均土地经济密度, $N$ 为城市个数, $p_i$ 为城市 $i$ 的建成区面积, $p$ 为地区的建成区面积。 $P_g$ 为第 $g$ 组城市的建成区面积占地区建成区面积的比重, $V_g$ 为第 $g$ 组城市的第二、三产业增加值占地区第二、三产业增加值的比重<sup>[7]</sup>。

2.1.3 相对发展率 为准确反映各城市土地经济密度在一定时期内相对地区的发展速度,引入相对发展率指标用以测度各城市的发展能力,公式如下:

$$Nich = \frac{Y_{2i} - Y_{1i}}{Y_2 - Y_1}$$

式中, $Nich$ 表示相对发展率, $Y_{2i}$ 、 $Y_{1i}$ 分别表示待测度的 $i$ 城市在研究末期和研究初期的土地经济密度, $Y_2$ 、 $Y_1$ 分别表示地区在研究末期和研究初期的土地经济密度<sup>[7]</sup>。

## 2.2 库兹涅兹曲线在土地经济密度分析中的应用

早在土地经济密度作为城市土地经济效益核心研究指标进入学术界视野之初,就有学者试着将城市土地经济密度变化曲线用库兹涅兹曲线来拟合,冯科等<sup>[8]</sup>选择经济较为发达的6个典型地区探索经济增长与土地经济密度变化二者之间的关系,通过研究分析土地经济密度变化率的发展趋势,证明经济发展和土地经济密度变化的相关性因经济发展阶段的不同而存在差异,在之后的研究中,高佳等<sup>[9]</sup>也同样对辽宁省、辽东、中、西3个区域做了库兹涅兹曲线的拟合。

需要指出的是,在上述尝试后接近10年的时间里,并没有学者对环境库兹涅兹曲线能否用以拟合区域内土地经济密度的发展趋势进行验证,直到郭施宏等<sup>[2]</sup>基于1995-2012年中国省际面板数据,从静态和动态两个角度构造面板模型对假说进行验证。两种面板模型估计结果均表明,EKC的重组效应存在于城市土地经济密度与碳排放之间,呈现出常见的倒N型的曲线关系<sup>[10]</sup>,至此土地经济密度与环境库兹涅兹曲线的关系得以验证。

## 2.3 ArcGIS在土地经济密度分析中的应用

2.3.1 ArcGIS专题地图 ArcGIS在数据可视化上的优势使它成为土地相关问题空间分析上不可或缺的重要工具,在研究中,将土地经济密度相关指标转入ArcGIS中进行专题地图分析是十分普遍的分析方法,各单元的土地经济增长模拟专题地图和土地经济密度分布空间专题地图都十分常用。

2.3.2 ArcGIS空间密度分析 对于土地经济密度研究中空间密度的分析常用Kernel平滑来实现。Kernel平滑,即KDF分析,是通过首先确定合适的搜索半径,之后按照搜索半径划定的区域估计区内的所有表面数据,以此来估计事件的发生强度,该方法能有效地构建空间发生几率地图,在对集聚的现象的探索上有明显优势。KDF的算法基于二次核密度的计算功能<sup>[11]</sup>,在研究中借助ArcGIS 9.2空间分析平台,可以实现基于KDF分析的空间密度分析,这一手段主要用于对城市土地经济密度在空间分布上的格局的识别<sup>[12]</sup>。

## 2.4 空间自相关分析在土地经济密度空间集聚与关联程度分析中的应用

空间自相关分析分为全局空间自相关分析与

局部空间自相关分析,这两类分析在以往的研究中都有运用,全局空间自相关用于判断在宏观水平上,研究对象是否存在空间集聚现象;相对而言,局部空间自相关则是针对一个局部区域,在更为微观的水平上探讨其与周边区域的相关程度,即空间关联效应<sup>[13]</sup>。

土地经济密度全局自相关分析中为获得测度变量空间相互依赖水平的指标常用 Moran's I 检验, Moran's I 指数指相邻的单位有一个变量相似的价值观,可用以反映空间集聚和离散的程度<sup>[11]</sup>,公式如下:

$$I(d) = \frac{N \sum_{i=1, j=1}^N \sum_{j \neq 1}^N W(i, j) (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{[N \sum_{i=1, j=1}^N \sum_{j \neq 1}^N W(i, j)] \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

式中,  $x = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N}$ ,  $x_i$  是单元  $i$  的参数变量,

$W(i, j)$  为空间权重矩阵,如果两个单元相邻,则  $W(i, j) = 1$ , 否则  $W(i, j) = 0$ , Moran's I 取值范围在  $-1 \sim 1$ ,  $I(d) < 0$  代表空间负相关,  $I(d) > 0$  时为空间正相关,  $I(d) = 0$  代表空间不相关,值越大集聚程度越大<sup>[12]</sup>。

而贝涵璐等<sup>[7]</sup>则为了避免比率所固有的方差不稳定性,进一步优化采用经验贝叶斯方法修正的全局空间自相关指数 EBI。公式如下:

$$EBI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j \neq 1}^m w_{ij} R_i R_j}{\sum_{i=1}^m \sum_{j \neq 1}^m w_{ij} \sum_{i=1}^m (R_i - \bar{R})^2}$$

式中:  $w_{ij}$  为空间权重,  $R_i = (p_i - b) / v_i$ ,  $p_i$  为估计比率,  $v_i$  是  $p_i$  的边缘方差的估计指标,  $b$  是  $p_i$  的边缘期望的估计指标。

EBI 统计量取值范围为  $[-1, 1]$ , 绝对值越接近 1, 代表土地经济密度空间相关性越显著, 当 EBI 为 0, 土地经济密度不存在空间相关性, 为随机分布<sup>[7]</sup>。

对于空间分布格局的局域特征, 王海燕等<sup>[13]</sup>提到 LISA 由 Anselin 于 1994 年提出, 用以揭示每个空间单元的空间自相关性, 识别局部的空间集聚或非平稳性。贝涵璐等<sup>[7]</sup>运用经验贝叶斯方法同样对 Moran's I 的分解形式 Moran's  $I_i$  进行修正, 得到局部空间自相关指数, 即 LISA EBI 指数。公式如下:

$$EBI_i = (R_i - \bar{R}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (R_j - \bar{R})$$

式中各项参数同前。

EBI<sub>i</sub> 为正时, 表示的是该区域单元周边相似值的空间集聚, EBI<sub>i</sub> 为负, 表示该区域单元周边非相似值的空间集聚。

除此以外, 未经修正的 LISA 也同样有被用于揭示每个空间单元的自相关性, 对于第  $i$  个区域有:

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j$$

式中,  $z_i$  和  $z_j$  为区域  $i$  和  $j$  观测值的标准化;  $w_{ij}$  为空间权重, 其中  $\sum_j w_{ij} = 1$ 。

另外, Moran 散点图与 LISA 集聚图在土地经济密度空间自相关分析中常作为最后结果的可视化显示工具使用。王海燕等<sup>[13]</sup>提到 Moran 散点图可用来识别空间关联的全局模式、空间异常和局部不平稳性等, 横轴表示每个位置上的观测值, 纵轴表示对应变量的空间滞后, 两者之间的关系即可识别, 并用 Moran 散点图反映了江苏省县市级层面城镇建设用地经济密度。而 LISA 集聚图也作为显示土地经济密度的局部空间关联效应的常用手段被使用, 贝涵璐等<sup>[7]</sup>为了分析土地经济密度的局部动态演变格局在不同年份中的情况, 将各个年份的 EBI<sub>i</sub> 估计值对应标示在地图上, 由此得到了长江三角洲地区相应年份的城市类型 LISA EBI<sub>i</sub> 散点地图; 王海燕等<sup>[13]</sup>在 Moran 散点图的 4 个象限依次分别为 HH、LH、LL、HL, 以各象限对应反映某一区域及其周围局部空间关系的背景下绘制 LISA 集聚图, 在集聚图中城镇建设用地经济密度的空间格局状况以及空间关联度情况显示清楚, HH、LL 代表空间聚集; HL、LH 则代表空间异常。

## 2.5 核密度估计在土地经济密度分布动态演进估计中的应用

核密度估计是概率论中一种非参数检验方法, 它以输入的要素数据为依据, 通过计算获得整个区域的数据集聚状况, 进而获得一个连续密度表面, 其原理是对离散的采样点的表面内插<sup>[10]</sup>。根据表达形式的不同, 核函数常分为高斯核、Epanechnikov、三角核和四次核等。匡兵等<sup>[10]</sup>借助 Eviews 7.2 软件, 在对中国城市土地经济密度的

分布动态演进的估计中采用高斯核,通过对核密度估计图的获取进而掌握变量分布的情况,包括变量的位置、形态以及延展性等,对中国 31 个省(区、市)城市土地经济密度的演进,东部、中部、西部地区各省份城市土地经济密度的演进情况进行了拟合,通过分析曲线密度函数中心的移动和曲线主峰、次峰的变化情况,获得了城市土地经济密度的地区差距与极化现象的变化方向的信息。

### 3 展望

作为区域土地利用经济效益评价的新指标,目前土地经济密度的研究体系仍未完整、系统地构建起来,在研究方法的选取上也存在着相应的问题,在以下方面仍有待拓展。

首先,以往研究中土地经济密度问题研究方法的选择往往较为单一,未能针对研究问题的层次性进行对应研究方法的有效应用,这也导致目前有关土地经济密度的研究层次还不够深入,所得结论趋于表象化。

其次,现有的土地经济密度研究的尺度大体上仍集中于大区域的研究,全国层面省级数据、地级数据的研究都十分普遍,只有极少数的学者以区县单元为基本单位进行研究。显然,对于研究中的基本单元,当前可获取的土地经济密度实际上是平均水平意义上的数据,而研究土地经济密度的一个重要目的便在于获得空间上土地利用经济效益的分布情况以便进行局部的剖析,为如何提升土地利用经济效益做出贡献,所以当研究的尺度的基本单元过于宏观时,众多微观层面细节将被忽视,而研究方法的选择亦未能在空间单元宏大、微观数据难以收集的情况下选取更微观层面的研究方法,用以削弱空间尺度带来的研究结论的不稳定性。

最后,土地经济密度的理论模型经历了从区域内单位行政面积上 GDP 水平到区域内单位城市建成区面积上二、三产业增加值的演变,虽然在此转变过程中,城市土地利用经济效益的提高更多地由二、三产业和与其更好对应的城市建成区面积决定这一事实得以明确,但这样的指标选取仍然过于宽泛。不可否认,城市经济增长的确与二、三产业产值的增长密切相关,但相对于第一产业向二、三产业的转变,第二产业与第三产业之间的结构调整在社会飞速发展的今天具有不容忽视

的意义,例如东北地区作为国家的旧工业区,对其第二产业向第三产业的调整和由其导致的土地经济密度变化的研究是极其重要的,因而理论模型中指标的选取还有待分解、细化,只有在理论模型指标进一步细化的基础上,研究方法才能有更多的选择空间,也才能使研究延伸到土地经济密度中的枝节处。

综上所述,土地经济密度研究方法未来应该随研究层次的加深综合使用避免单一性;在考虑到研究的空间维度偏大时应选择有利于微观研究的方法;在理论模型中指标的选取上应更为细致,为研究方法的拓展打好基础。

### 参考文献:

- [1] 罗翌辉,吴次芳.城市用地效益的比较研究[J]. 经济地理, 2003(3):367-370,392.
- [2] 郭施宏,高明.城市土地经济密度与碳排放的 EKC 假说与验证——基于省际静态与动态面板数据的对比分析[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2017, 17(1): 80-90, 146-147.
- [3] 林坚,祖基翔,苗春蕾,等.中国区县单元城乡建设用地经济密度的空间分异研究[J]. 中国土地科学, 2008(3):46-53.
- [4] 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.
- [5] 谢保鹏,陈英,张文斌,等.甘肃省县单元城镇工矿用地经济密度区域差异及动态演变特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(11):12-19.
- [6] 武义青,李泽升.京津冀城市群经济密度的时空分异研究——兼与长三角、珠三角城市群的比较[J]. 经济与管理, 2015, 29(3):17-22.
- [7] 贝涵璐,吴次芳,冯科,等.土地经济密度的区域差异特征及动态演变格局——基于长江三角洲地区的实证分析[J]. 自然资源学报, 2009, 24(11):1952-1962.
- [8] 冯科,吴次芳,陆张维,等.中国土地经济密度分布的时空特征及规律——来自省际面板数据的分析[J]. 经济地理, 2008(5):817-820.
- [9] 高佳,李世平,李文婷.辽宁省土地经济密度时空特征及驱动力分析[J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35(5):30-37.
- [10] 匡兵,卢新海,周敏.中国城市土地经济密度的分布动态演进[J]. 中国土地科学, 2016, 30(10):47-54.
- [11] Silverman B W. Density estimation for statistics and data analysis[M]. New York:Chapman and Hall, 1986:13-19.
- [12] 吴一洲,吴次芳,罗文斌.经济地理学视角的城市土地经济密度影响因素及其效应[J]. 中国土地科学, 2013, 27(1): 26-33.
- [13] 王海燕,濮励杰,张健,等.城镇建设用地经济密度时空分异的实证分析[J]. 中国土地科学, 2012, 26(4):47-53.

(下转第 175 页)