

中国城市空间扩展的时空演变特征及驱动因素

刘嘉毅 陈玉萍

〔摘 要〕 基于 31 个省、市、区的面板数据,对城市空间扩展的时空演变特征与驱动因素进行了研究。结果显示:城市空间扩展呈非线性增长与稀疏式扩张演变的态势,其省际绝对差异与相对差异在 2006 年以前表现出了大幅度波动的特征,在 2006 年以后随时间的推移逐步收敛;城市空间的重心先后经历了向南与向西南迁移的轨迹,七大区域在空间扩展规模、贡献率与扩展强度上皆存在空间异质性;对扩展强度进行聚类分析发现,中国城市空间扩展的高速扩展区、快速扩展区、中速扩展区、低速扩展区、缓慢扩展区错位分布,且扩展强度从东往西梯度递减;经济发展水平、城镇人口规模、政府干预度、气候舒适度是城市空间扩展的显性驱动因素,创新能力对城市空间扩展影响的显著性则因时空而异。

〔关键词〕 城市空间扩展;时空演变;驱动因素;系统广义矩估计

〔中图分类号〕 TU984.2 〔文献标识码〕 A

一 引言

城市空间是城市经济、人口、资源、设施等集聚形成的地理空间。伴随着城市化的发展,在多元驱动因素的作用下,城市地理空间不断向传统农业与乡村空间推进与蔓延,于是传统农业用地非农化,乡村意境城市化。与此同时,城市如同日渐成长的生命体,它不断突破原有的地理轮廓,实现其空间扩展与成长。那么,中国大陆城市的空间扩展有何时空演变特征?哪些因素在驱动着城市空间扩展?本文使用 1998-2015 年 31 个省、市、区的数据,通过定量分析来解答以上两个问题。

二 文献述评

城市空间扩展是城市化进程的标志,其已经成为国内外学者研究的热点领域。国外学者从扩展形态、扩展模式、动力机制、模拟预测、效应与调控五个角度对城市空间扩展进行了系统研究^[1],为国内学者开展相关研究提供了借鉴与参考。目前,国内学者已对北京、上海、深圳、青岛等十余个城市的空间扩展开展了研究,研究的样本既包括一线城市、二线城市,也涵盖三线城市、四线城市,研究的内容主要沿袭以下三条主线展开:第一,阐释历史时间段中城市空间扩展的时空特征;第二,预测或者模拟未来城

〔作者简介〕 刘嘉毅(1978—),男,湖南衡阳人,淮阴师范学院历史文化旅游学院副教授,博士,研究方向为城市空间和旅游经济;陈玉萍(1986—),女,湖南邵阳人,淮阴师范学院体育学院讲师,研究方向为城市休闲空间和体育旅游。

〔基金项目〕 教育部人文社会科学青年基金项目(16YJC630069)。

〔收稿日期〕 2017-09-15

〔修回日期〕 2017-11-14

市空间扩展的趋势;第三,以城市个案剖析城市空间扩展的驱动因素。在这些研究中,多数学者采用了定性分析法,少数学者采用了相关分析、最小二乘法、空间逻辑回归等定量方法;研究发现,经济社会因素(如经济发展、人口规模、人口增长、人口密度、产业结构、城镇化进程、外来投资、民间创业、固定资产投资、资金流入、贫富差距、农地租金等)、自然地理因素(如地形地貌、水文、气候等)、基础设施因素(如交通建设、交通成本)、政策与规划因素(如土地政策、城市规划、行政区划)、文化与观念变迁、技术与创新、事件冲击等是驱动城市空间扩展的主要因素^[2-15]。与此同时,国内少数学者尝试从若干城市的空间差异或更宏观的视野对此展开研究。李治与李国平以 30 个省会城市及直辖市 2005 年的截面数据为基础,利用因子分析法考察了城市空间扩展的驱动因素,研究结果显示,人口规模、城市收入水平、交通成本、城市农地租价四个因子驱动了城市空间扩展^[16]。王肖惠等以南京、杭州、济南、广州为例研究发现,城市空间扩展呈现出了沿交通走廊定向发展、用地定向开发优化、城市用地空间集聚与扩散等主要规律^[17]。

尽管国外相关研究成果丰硕,但其并没有把中国的城市空间扩展纳入到研究领域。从研究对象上来说,国内已有研究多数仍停留在对城市个案的解剖上,从宏观视角来研究城市空间扩展的还不多。从定量分析所使用的数据来源看,已有研究要么使用单个城市的时间序列数据,要么使用多个城市的截面数据,而事实上,面板数据可以增加样本容量,扩大数据变异与自由度,能够获得更好的研究结论。然而,已有研究并未对面板数据加以使用。从研究方法上来看,定性分析方法过于主观,而少量相关分析、最小二乘法、空间逻辑回归、因子分析等方法,因为数据源及研究方法本身的局限,其研究结论有可能缺乏稳健性甚至存在偏误。尤其需要指出的是,近 20 年来中国城市空间发生了深刻变化,但是,已有研究很少从全国宏观的视角对其展开定量考察。

三 数据来源与研究方法

基于中国 1998-2015 年 31 个省、市、区城市建成区面积的面板数据,本文选取城市空间扩展规模、扩展速度、城市扩展弹性系数(K)等指标,利用标准差、变异系数、基尼系数等来分析城市空间扩展演变的时序特征;选用城市空间扩展规模、扩展贡献率、

扩展强度系数、空间重心、位序值等指标,来刻画城市空间成长下的空间重心迁移、分区演变趋势与省级空间分异特征;利用自然断裂法基于城市空间扩展强度对各省、区进行聚类分析,并使用地理信息系统对分类进行可视化展示。此外,本文采用系统广义矩估计法对城市空间扩展的驱动因素进行了实证研究。

本文主要使用了以下计算指标。

1. 城市扩展弹性系数(K)^[18]

城市空间扩展是人地关系互动作用的结果,城市扩展弹性系数 K 可以衡量城市扩张用地的合理性,并从侧面反映城市扩展的模式,其计算公式为:

$$K = S_1 / S_2 \quad (1)$$

式(1)中 S_1 为城市建成区面积年均增长速度; S_2 为城镇人口年均增长速度。K 的临界值为 1.12,如果 K 大于 1.12,表明城市用地相对人口增长而言,扩展过快;如果小于 1.12,表明城市用地相对人口增长而言,扩展不足;K 越大,表明城市空间扩展稀疏,反之,表明城市空间扩展紧凑。

2. 城市扩展强度系数(UII)^[3]

该指标反映不同时期城市土地利用扩展的强弱和快慢,其用各空间单元的土地面积对年平均扩展速度进行标准化处理,其计算公式为:

$$UUI_{i,t-t+n} = [(ULA_{i,t-t+n} - ULA_{i,t}) / n] \times 100 / TLA_i \quad (2)$$

式(2)中, $UUI_{i,t-t+n}$ 、 $ULA_{i,t-t+n}$ 、 $ULA_{i,t}$ 分别表示空间单元 i 在 t-t+n 时段内的城市扩展强度系数及 t+n 与 t 年时的城市土地利用面积,本文的土地利用面积以城市建成区面积来核算; TLA_i 为空间单元 i 的总面积。

3. 基尼系数(G)

本文借鉴衡量收入分配差距的基尼系数来考察城市空间扩展的相对省际差异程度。G 值处于 0-1 之间,其值越小,表明省际差异越小,其计算公式为:

$$G = 1 + \frac{1}{n} - \frac{2}{n^2 x} (x_1 + 2x_2 + 3x_3 + \dots + nx_n) \quad (3)$$

式(3)中 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 为降序排列的各省城市建成区的面积。

4. 空间重心

空间重心的计算仿照重力的分解与合成法则,设 i 为 31 个省、市、区 (x_i, y_i) 为第 i 个省区省会城市(或首府)的地理坐标(经纬度坐标); M_i 为第 i 省

区的城市建成区面积;城市空间重心用各省城市建成区面积 M_i 作为权数加权平均而得,其坐标(X , Y)的计算公式为:

$$X = \sum M_i x_i / \sum M_i, Y = \sum M_i y_i / \sum M_i \quad (4)$$

四 中国城市空间扩展的时空演变特征

1. 城市空间扩展的时序变化特征

(1) 城市空间扩展总体的时序变化特征

随着城市化的发展,中国城市的地理轮廓与空间范围不断向城市外围推进,城市建成区的面积不断增加。《中经网统计数据库》的数据显示,我国城市建成区的面积在 1998 年仅为 21380 平方公里,2015 年扩展为 52102 平方公里,期间,城市空间扩展了 30722 平方公里,年均增长幅度为 5.40%,2015 年的城市建成面积是 1998 的 2.43 倍。图 1 表明,在 1998-2015 年期间,中国的城市空间规模呈现出“急速下降—快速上升—波动式下降—快速上升—小幅波动”的非线性增长轨迹,并且,城市的扩展面积与扩展速度保持基本一致的非线性波动趋势。图 1 存在两个波峰状态,分别为 2003 年与 2011 年。数据显示,2003 年中国新增城市面积 2335 平方公里,年均扩展速度为 8.99%,为样本期间最大增速;2011 年的城市建成区新增面积为样本期间的最大值,达到了 3545.22 平方公里,对样本期新增面积的贡献率为 11.3%。从图 1 还可以发现,中国城市空间的扩展面积与扩展速度在 1999 年与 2008 年皆为波谷状态,这很可能是金融危机(1998 年亚洲金融危机与 2008 年美国次贷危机引发的金融危机)对中国经济冲击后,城市生命体对外部冲击及时响应的结果。

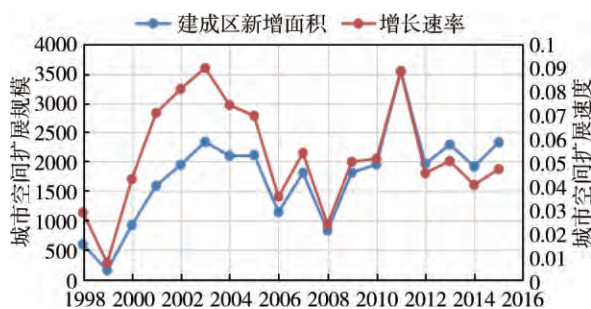


图1 城市空间扩展规模与扩展速度

利用《中经网统计数据库》的数据进行计算发现,1998-2015年,中国城市扩展弹性系数 $K =$

1.385。将样本按照时间先后划分为:1998-2003、2004-2009、2010-2015三个时间段,经计算,各时段的城市扩展弹性系数分别为:1.09、1.44、1.78。这说明,在样本期内,城市用地扩展过快,随着时间的推移,中国城市空间呈现出了稀疏式扩张的演变趋势。

(2) 城市空间扩展省际差异时序变化特征

标准差是统计学中反映绝对差异的经典指标。图2中主坐标的标准差反映了1998-2015年各省城市空间扩展(以城市建成区新增面积来表示)绝对差异的总体变化轨迹。从图2可以看出,1998-2005年,城市空间扩展的绝对差异呈现出大幅度震荡波动的特征。1998-2004年,各省城市空间扩展的绝对差异大致呈上升趋势,到2004年标准差达到了最大值140.54,此时的绝对差异达到了样本期间的历史高值。2005年,绝对差异从高位点大幅度下降,其标准差仅为76.19。图2还显示,自2006年开始,各省城市空间扩展的绝对差异大体上呈逐步缩小的趋势。

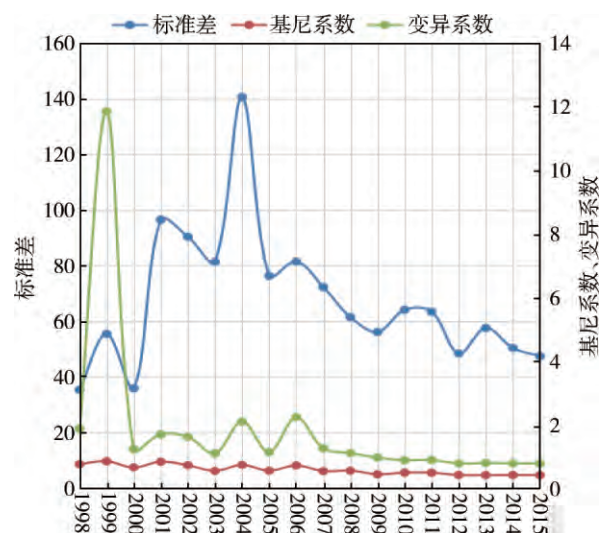


图2 城市空间扩展省际绝对差异与相对差异

图2中的次坐标表示各省城市空间扩展的变异系数与基尼系数,以表征城市空间扩展的省际相对差异。从变异系数与基尼系数演变的轨迹来看,1998-2005年,全国各省城市空间扩展的相对差异总体上呈较大幅度的波动态势。1999年的基尼系数(0.83)与变异系数(11.85)为样本考察期内的最大值,说明中国城市空间扩展的地区相对非均衡状态达到了历年来的最高水平。自2006年开始,变异系数与基尼系数均显示出逐步缩小的趋势,这充分

说明,中国各省城市空间扩展的相对差异呈逐步收敛的特征。

2. 城市扩展动态变化的空间特征

(1) 城市空间扩展下的空间重心移动特征

各省城市空间的动态变化将导致我国城市空间的重心发生迁移。基于上文空间重心的计算方法,本文得到了1998-2015年城市空间重心的坐标(图3)。中国城市空间的重心迁移明显地经历了两个

阶段:第一个阶段是1998-2005年,空间重心依次向南移动,也反映出了在此阶段北方城市空间的成长相对滞后于南方。2006年城市空间的重心在2005年的位置上稍微向东北方向移动,此后进入了第二个阶段,即2006-2015年,城市空间重心逐渐向西南方向移动,这可能是2006年后东北经济社会发展滞后、西南发展强劲、华北发展相对放缓等各区域合力作用的结果。

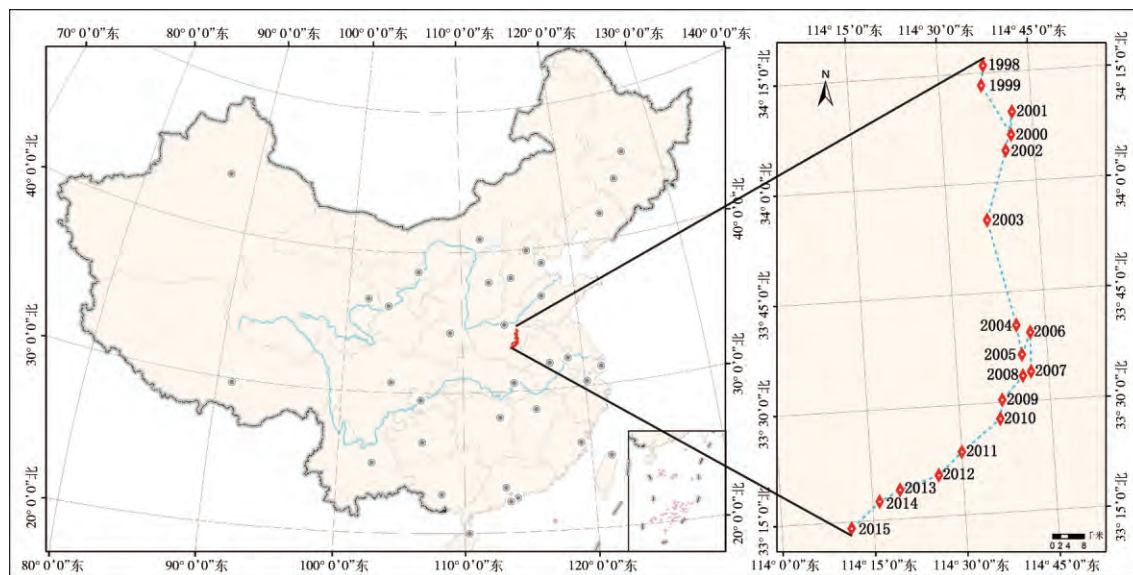


图3 城市空间扩展下的空间重心迁移

(2) 分区域城市空间扩展动态变化的特征

依据中国七大地理分区的惯用标准:华东地区包括上海、江苏、浙江、安徽、江西、山东、福建;华北地区包括北京、天津、山西、河北、内蒙古;华中地区包括河南、湖北、湖南三省;华南地区包括广东、广西、海南;西南地区包括重庆、四川、贵州、云南、西藏;西北地区包括陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆;东北地区包括黑龙江、吉林、辽宁,本文计算了七大区域分时段的城市空间扩展规模、贡献率与扩展强度系数。总体来看,七大区域的城市空间扩展存在着显著的空间异质性。无论在哪个时段,华东地区始终位居城市空间扩展规模、扩展贡献率与扩展强度的首位,其新增城市建成区的面积在全国的占比一直在三分之一以上,成为引领中国城市空间成长的领头羊。东北与华南地区的城市空间扩展贡献率与扩展强度都经历了先上升(2004-2009年)后下降(2010-2015年)的变化过程,反映出东北与华南在中国城市空间扩展中表现出了竞争力弱化的趋势。华中与西北地区的城市空间扩展贡献率与扩展强度

一直处在提升之中,成为城市空间扩展新的增长极。华北地区城市空间的扩展规模、扩展贡献率与扩展强度在三个时间段中逐渐下降,显然,华北地区已经成为中国城市空间扩展的衰退地区。2004-2009年,西南地区城市空间的扩展规模、扩展强度出现了小幅下降,其扩展贡献率出现了大幅度下降,此后,城市空间的扩展规模、扩展贡献率与扩展强度皆出现了大幅度的反弹,空间扩展规模与扩展贡献率全面攀升并超越华南、华北地区,二者在七大区的排位仅次于华东地区。显然,西南地区已演变为中国城市空间扩展的强劲增长区,究其原因,这主要得益于成渝城市群的演化升级(表1)。

(3) 分省区城市空间扩展变化的特征

为探析城市空间扩展变化的分省特征,本文计算了样本时间段各省城市空间扩展强度的系数,并运用自然断裂法对其进行聚类分析,将其类型概括为:高速扩展区、快速扩展区、中速扩展区、低速扩展区、缓慢扩展区。图4显示了样本时间段城市空间扩展的空间分异规律和特点。总体来看,城市

表 1 分区域的城市空间扩展规模、贡献率与扩展强度系数

地区	指标	1998 - 2003	2004 - 2009	2010 - 2015	1998 - 2015
华北	城市空间扩展规模(%)	1207(17. 9)	1191(11. 1)	1191(9. 1)	3589(11. 7)
	城市空间扩展强度系数	0. 015	0. 014	0. 013	0. 014
东北	城市空间扩展规模(%)	360(5. 4)	882(8. 2)	843(6. 5)	2086(6. 8)
	城市空间扩展强度系数	0. 009	0. 019	0. 014	0. 019
华东	城市空间扩展规模(%)	2737(40. 7)	4050(37. 7)	4470(34. 6)	11258(36. 7)
	城市空间扩展强度系数	0. 069	0. 085	0. 090	0. 081
华中	城市空间扩展规模(%)	474(7. 0)	1047(9. 7)	1504(11. 5)	3025(9. 8)
	城市空间扩展强度系数	0. 017	0. 031	0. 044	0. 032
华南	城市空间扩展规模(%)	1048(15. 6)	2120(19. 7)	1716(13. 2)	4885(15. 9)
	城市空间扩展强度系数	0. 046	0. 078	0. 065	0. 060
西南	城市空间扩展规模(%)	824(12. 3)	788(7. 3)	2103(16. 1)	3717(12. 1)
	城市空间扩展强度系数	0. 007	0. 006	0. 015	0. 006
西北	城市空间扩展规模(%)	275(4. 1)	664(6. 1)	1218(9. 3)	2158(7. 0)
	城市空间扩展强度系数	0. 002	0. 004	0. 007	0. 004
全国	城市空间扩展规模(%)	6928(100)	10746(100)	13048(100)	30722(100)
	城市空间扩展强度系数	0. 014	0. 019	0. 022	0. 018

注: 城市空间扩展规模以城市建成区新增面积来核算, 括号内的数值为本地区扩展规模对同时段全国城市空间扩展的贡献率。

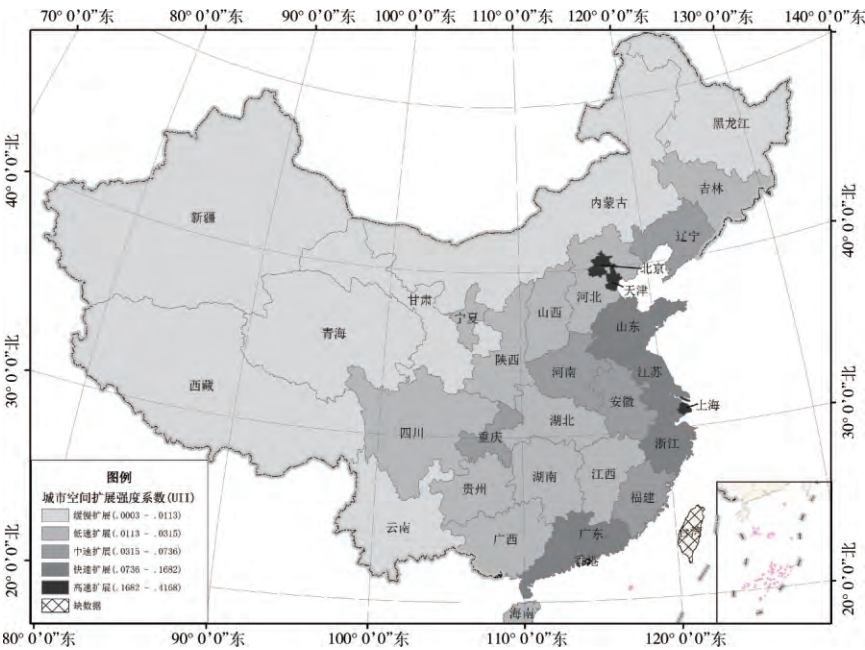


图 4 城市扩展强度省区空间分异图

空间扩展的各种类型错位分布,扩展强度总体上呈现出了从东往西梯度递减的趋势。表 2 进一步显示了城市空间扩展强度、扩展规模、扩展贡献率的空间分异。

图 4 显示,上海、北京、天津位列中国城市空间扩展强度的前三位,组成了中国城市空间的高速扩展区。从表 2 可知,高速扩展区仅占全国国土面积的 0.36%,然而对中国城市空间扩展的贡献率却高达 6.11%。图 4 与表 2 显示,江苏、广东、浙江、山东形成了中国城市空间的快速扩展区,在样本时间段内新增城市建成区面积 11943.87 平方公里,该区

域仅占国土面积的 6.25%,但对全国城市空间扩展的贡献率高达 38.87%。低速扩展区占据全国 12 个省区,成为各省区隶属的主体类别。缓慢扩展区主体位于“爱珥—腾冲”线(即“胡焕庸线”)^[19]的左上方,拥有全国 63.21% 的国土面积,但其对中国城市空间扩展的贡献率仅为 10.19%,成为中国城市空间成长的贫瘠地带。表 2 还显示了各省、市、区城市建成区的新增面积,从绝对数值上来看,广东、山东、江苏成为城市空间扩展规模的前三位,其中,广东以 4053 平方公里的新增城区面积,位居城市空间扩展规模的首位,西藏新增城区面积仅 71 平方公

里,前者是后者的 57 倍,这也说明中国城市空间扩展的省际差异较大。

表 2 城市空间扩展的空间分异

类型	省区单元 (城市建成区新增面积(平方公里))	单元个数	面积和 (全国占比(%))	扩张规模 (平方公里)	扩张贡献率 (%)
高速扩展区	上海(449) 北京(913) 天津(514)	3	3.464(0.36)	1876.11	6.11
快速扩展区	江苏(2933) 广东(4053) 山东(3194) 浙江(1763)	4	54.13(6.25)	11943.87	38.87
中速扩展区	重庆(1032) 河南(1513) 福建(1018) 安徽(1106) 辽宁(953)	5	65.99(6.86)	5623.57	18.3
低速扩展区	河北(1017) 江西(793) 湖南(859) 湖北(652) 吉林(650) 山西(533) 海南(115) 广西(718) 宁夏(341) 陕西(607) 贵州(506) 四川(1357)	12	230.41(23.94)	8149.82	26.53
缓慢扩展区	云南(752) 黑龙江(483) 甘肃(421) 新疆(341) 青海(101) 西藏(71) 内蒙古(612)	7	608.3(63.21)	3129.47	10.19

注:省区单元的排名按城市空间扩展弹性系数从大到小排列。

五 城市空间扩展驱动因素的实证检验

1. 变量与数据

根据研究目的,本文的被解释变量为城市空间扩展水平,本文使用各省区城市建成区面积的对数值来衡量,记为 $\ln\text{CITYSCALE}$ 。城市空间扩展是经济、人口、政治、环境等多因素共同作用的结果^[20-24],考虑到数据的可获得性,且为了避免多重共线性的问题,本文引入“经济发展水平”、“城镇人口规模”、“政府干预度”、“气候舒适度”、“创新能力”5个变量作为解释变量。

本文将各变量定义如下。

经济发展水平。使用各地区人均 GDP 的对数值来衡量经济发展水平,记为 $\ln\text{AVGDP}$ 。

城镇人口规模。选取城镇人口规模作为被控制变量,使用各地区城镇人口数的对数值加以衡量,记为 $\ln\text{CITYPOP}$ 。

政府干预度。借鉴张建辉等的研究^[25],使用地方公共财政支出与 GDP 商值对数来衡量政府干预度,记为 $\ln\text{GOVERNIN}$ 。

气候舒适度。参考陆鼎煌等与王松忠等的研究成果^[26-27],将气候综合舒适度的计算公式设定为:

$$\text{CLIMATE} = 0.6 \times |t - 24| + 0.07 \times |f - 70| + 0.5 \times |v - 2| \quad (5)$$

式(5)中,CLIMATE 表示综合舒适度值,为逆向指标; t 表示气温(摄氏度); f 表示相对湿度(%); v 表示风速(米/秒)。使用式(5)来计算各省区年度平均气候综合舒适度值,取其对数值,记为 $\ln\text{CLI-}$

MATE。

创新能力。使用专利密度的对数值($\ln\text{INNOVATION}$)来衡量地区的创新能力^①,专业密度为地区专利数与区域面积的商。

本文所使用的数据为 1998-2015 年我国 31 个省、市、区的面板数据。其中,气温、相对湿度、风速的数据来源于中国气象科学数据共享网,其他数据来源于《中国统计年鉴》(1999-2016)与中经网统计数据库分省宏观年度库。对所有价值型变量,以 1998 年为基期,使用各省各年度居民消费价格指数将其平减转化为实际价值。

2. 模型设计与估计方法

依据研究目的,本文以 $\ln\text{CITYSCALE}_{it}$ 为被解释变量,并且,城市空间规模的过去值可能由于成长惯性会影响当期城市空间规模,故把城市空间拓展水平滞后一期($\ln\text{CITYSCALE}_{i,t-1}$)引入到模型中,设定以下动态面板数据模型:

$$\begin{aligned} \ln\text{CITYSCALE}_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln\text{CITYSCALE}_{i,t-1} + \\ & \beta_2 \ln\text{AVGDP}_{it} + \beta_3 \ln\text{CITYPOP}_{it} + \beta_4 \ln\text{GOVERNIN}_{it} + \\ & \beta_5 \ln\text{CLIMATE}_{it} + \beta_6 \ln\text{INNOVATION}_{it} + u_i + v_j + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (6)$$

式(6)中,因变量与部分自变量之间可能存在双向因果关系,从而产生内生性问题。为克服式(6)中可能存在的内生性问题,本文采用系统广义矩估计法(sys-GMM)进行计量分析。由于在有限样本的条件下,一步法 sys-GMM 比两步法的估计结果更有效^[28],为此,本文采用一步法 sys-GMM 进行估计。为考察估计结果的有效性,本文将利用 AR(1)、AR(2)检验残差项的自相关,并通过 Sargen 统计量的 P 值来考察过度识别约束的有效性。

3. 估计结果分析

表 3 为城市空间扩展驱动因素的回归结果。模型 1 是对全国 31 个省、市、区的总体回归。结果显示, 经济发展水平、城镇人口规模、政府干预度、气候舒适度、创新能力均显著影响了中国城市空间扩展, 表明中国城市空间扩展是由经济、政治、人口、自然气候、创新等诸多方面的因素协同影响的结果。同时还发现, 滞后因变量的回归系数显著, 为 0.773, 说明当期城市空间扩展能部分解释下期的城市空间扩展水平, 这也反映出城市空间的成长惯性也在驱动着城市空间的扩展。模型 2 至模型 8 是分区域的回归结果, 各模型 Sargen 统计量对应的 P 值均大于 0.1, 表明工具变量的选取有效, AR(1) 对应的 P 值均在 0.1 以下, AR(2) 对应的 P 值均大于 0.1, 故表

3 的模型 2 至模型 8 均通过了 Sargen 检验与 AR 检验。从回归系数的显著水平来看, 经济发展水平、城镇人口规模、政府干预度、气候舒适度四个变量对城市空间扩展表现出了跨区域的一致性, 然而, 创新能力对城市空间扩展的驱动作用却呈现出了区域差异, 在华北、华东、华中、华南地区, 创新能力对城市空间扩展有显著的正向作用, 在西北、西南、东北地区其对城市空间扩展的驱动作用并不明显, 究其原因, 可能在于创新能力对城市空间扩展存在着一定的门槛效应, 导致在处于不同创新能力阶段的地区, 创新能力对城市空间扩展的影响力度存在着异质性。模型 2 至模型 8 滞后因变量的回归系数也显示, 城市空间扩展具有自我驱动的成长惯性。

表 3 城市空间扩展驱动因素的回归结果(被解释变量为 $\ln\text{CITYSCALE}$)

解释变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8
	全国	华北	东北	华东	华中	华南	西南	西北
$\ln\text{AVGDP}$	0.268*** (0.041)	0.283*** (0.052)	0.159*** (0.026)	0.354*** (0.029)	0.251*** (0.037)	0.289*** (0.031)	0.231*** (0.017)	0.138*** (0.022)
$\ln\text{CITYPOP}$	0.359*** (0.029)	0.251*** (0.051)	0.093*** (0.014)	0.686*** (0.037)	0.361*** (0.055)	0.451*** (0.036)	0.387*** (0.035)	0.171*** (0.042)
$\ln\text{GOVERN}$	0.268*** (0.043)	0.217*** (0.036)	0.209*** (0.029)	0.322*** (0.041)	0.287*** (0.055)	0.523*** (0.061)	0.451*** (0.047)	0.139*** (0.031)
$\ln\text{CLIMATE}$	-0.327*** (0.037)	-0.332*** (0.067)	-0.363*** (0.042)	-0.517*** (0.029)	-0.332*** (0.047)	-0.363*** (0.042)	-0.275*** (0.038)	-0.216*** (0.036)
$\ln\text{INNOVATION}$	0.257*** (0.018)	0.392*** (0.025)	0.076 (0.064)	0.354*** (0.043)	0.156** (0.044)	0.314*** (0.035)	0.068 (0.057)	0.033 (0.049)
$\ln\text{CITYSCALE}(t-1)$	0.773*** (0.039)	0.612*** (0.041)	0.497*** (0.056)	0.852*** (0.034)	0.785*** (0.031)	0.796*** (0.052)	0.831*** (0.046)	0.592*** (0.063)
Sargen test(P)	0.391	0.562	0.832	0.327	0.674	0.827	0.373	0.487
AR(1) test(P)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003
AR(2) test(P)	0.226	0.423	0.184	0.713	0.292	0.511	0.596	0.792

注: 括号内的数值为标准差, 本表省略了各模型的常数项, 本表同时控制了地区效应与时间效应; *, ** 和 *** 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平上显著; Sargen test 用来检验过度识别约束的有效性; Arelleno - Bond AR(1) 和 Arelleno - Bond AR(2) 分别报告一阶和二阶序列相关检验的 p 值; 以上模型均采用了 sye - GMM 估计, 使用“xtabond2”命令。

4. 稳健性检验

本文采用分时段样本与掐头去尾法, 进一步检验了城市空间扩展驱动因素的稳健性。表 4 显示了不同方法下的回归结果。

分时段样本回归。将样本划分为 1998 - 2003 年、2004 - 2009 年和 2010 - 2015 年三个时段。表 4 模型 1 至模型 3 显示, 无论在哪个样本的时间段, 经济发展水平、城镇人口规模、政府干预度、气候舒适度对城市空间扩展均有显著的推动作用; 创新能力对城市空间扩展的作用缺乏稳健性, 在

1998 - 2003 年, 创新能力对城市空间扩展的驱动作用并不明显。

掐头去尾法回归。在表 4 中, 模型 4 为掐头法剔除被解释变量年度平均值最大省份广东的回归结果, 模型 5 为去尾法剔除被解释变量年度平均值最小省份西藏的回归结果。在模型 4 中, 创新能力只在 10% 的水平上是显著的, 其稳健性有待于提升。模型 4 与模型 5 的回归结果显示, 经济发展水平、城镇人口规模、政府干预度、气候舒适度对城市空间扩展的驱动作用依然稳健。

表 4 城市空间扩展驱动因素的稳健性检验(被解释变量为 $\ln\text{CITYSCALE}$)

解释变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5
	1998 – 2003	2004 – 2009	2010 – 2015	1998 – 2015	1998 – 2015
$\ln\text{AVGDP}$	0.132*** (0.032)	0.191*** (0.041)	0.239*** (0.034)	0.244*** (0.069)	0.251*** (0.049)
$\ln\text{CITYPOP}$	0.374*** (0.080)	0.193*** (0.065)	0.231*** (0.064)	0.286*** (0.014)	0.329*** (0.033)
$\ln\text{GOVERN}$	0.083*** (0.021)	0.143*** (0.028)	0.209*** (0.046)	0.192*** (0.027)	0.281*** (0.042)
$\ln\text{CLIMATE}$	-0.112*** (0.043)	-0.171*** (0.033)	-0.204*** (0.028)	-0.317*** (0.053)	-0.162*** (0.044)
$\ln\text{INNOVATION}$	0.084 (0.118)	0.172* (0.096)	0.156*** (0.021)	0.198* (0.112)	0.213*** (0.046)
$\ln\text{CITYSCALE}(t-1)$	0.583*** (0.075)	0.746*** (0.062)	0.754*** (0.059)	0.852*** (0.071)	0.785*** (0.060)
Sargen test(P)	0.542	0.781	0.376	0.827	0.773
AR(1) test(P)	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
AR(2) test(P)	0.227	0.317	0.187	0.313	0.291

注: 括号内的数值为标准差, 本表省略了各模型的常数项, 本表同时控制了地区效应与时间效应; *、** 和 *** 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平上显著; Sargen test 用来检验过度识别约束的有效性; Arelleno – Bond AR(1) 和 Arelleno – Bond AR(2) 分别报告一阶和二阶序列相关检验的 p 值; 以上模型均采用了 sye – GMM 估计, 使用 “xtabond2” 命令。

六 结论及建议

1. 结论

第一, 中国城市空间扩展呈非线性增长与稀疏式扩张的演变态势, 在 2006 年之前, 城市空间扩展的省际绝对差异与相对差异均显示出了大幅度波动的特征, 在 2006 年之后, 二者随时间逐步收敛。

第二, 中国城市空间的重心先后经历了向南与向西南方向的移动, 七大区域的城市空间扩展规模、贡献率与扩展强度存在着明显的异质性。华东地区一直引领着中国城市空间的成长, 东北与华南地区出现了城市空间成长相对弱化的态势, 华中与西北地区成为城市空间扩展的新增长极, 华北地区则为中国城市空间扩展的衰退区, 西南地区则演变为城市空间扩展的强劲增长区。

第三, 基于城市空间扩展强度的聚类分析发现, 中国城市空间扩展分为高速扩展区、快速扩展区、中速扩展区、低速扩展区、缓慢扩展区五大类, 各类扩展区在空间上错位分布。快速扩展区对全国城市空间扩展的贡献率高达三分之一以上, 低速扩展区成为各省区单元隶属的主体类别, 缓慢扩展区则为城市空间成长的贫瘠地带, 城市扩展强度总体上呈现出从东往西梯度递减的规律。

第四, 经济发展水平、城镇人口规模、政府干预度、气候舒适度驱动了中国城市空间的扩展, 然而, 创新能力对城市空间扩展的驱动影响存在着时间与空间差异。

2. 建议

第一, 必须摒弃脱离经济基础的空间城市化, 特别是要警惕经济欠发达地区与资源禀赋缺乏地区盲

目“铺摊子”、搞“摊大饼”式的伪城市化。

第二, 必须警惕人口负增长或者人口增速连续多年大幅度递减地区的大规模造城运动。政府作为城市经营的代理人, 需要对城市空间合理布局与规划, 加大园林绿化、交通通讯、科教文卫等城市公共品的供给, 并努力改善地区气候微环境, 强化生态环境的建设与治理, 塑造城市宜业、宜居、宜闲、宜游的城市品牌, 进而推动城市空间健康有序地扩展成长。

第三, 华北地区城市空间的扩展规模、扩展贡献率与扩展强度连续下降, 东北与华南地区呈现出城市空间成长相对弱化的态势, 这都需要引起各方高度关注, 除了从本文提出的显性驱动因素视角寻找原因外, 还应该客观、科学地分析影响城市空间扩展的地区因素(如空气质量、制度、文化等), 以维系上述地区可持续的空间城市化。

【Abstract】 Based on the panel data of 31 provinces (including autonomous regions and municipalities) from 1998 to 2015, the temporal and spatial evolution characteristics and driving factors of urban spatial expansion are studied empirically. It is found that the urban spatial expansion shows a nonlinear growth and sparse expansion trend. Before 2006, the absolute differences and relative differences of urban spatial expansion show significant fluctuation characteristics, After 2006, the absolute differences and relative differences show the trend of gradual convergence with time. China's urban spatial center has experienced the southward and southwest direction changing. Regional spatial expansion scale, contribution rate and expansion intensity are significant spatial heterogeneity. Based on the clustering analysis of urban spatial expansion intensity, it is found that China's urban spatial expansion is divided into high-speed extending area, rapid extending area, medium extending area,

low speed extending area , slow expansion extending area , and the extending intensity shows the gradient decrease from east to west. The results show that the economic development level , the size of urban population , the degree of government intervention , the climate comfort are the dominant driving factors of urban spatial expansion , and the influential significance of innovation ability on urban spatial expansion is due to time and space.

【Key words】 urban spatial expansion; spatio-temporal evolution; driving factors; sys-GMM

注释

- ① 本文并没有使用人均专利数的对数值来衡量创新能力,因为该变量与 $\ln$ AVGDP 的偏相关系数高达 0.9148。

参考文献

- [1] 闫梅,黄金川.国内外城市空间扩展研究评析[J].地理科学进展 2013(7):1039-1050
- [2] 方修琦,章文波.近百年来北京城市空间扩展与城乡过渡带演变[J].城市规划 2002(4):56-60
- [3] 刘盛和等.基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式[J].地理学报 2000(4):407-416
- [4] 郑凯迪等.上海市城市空间扩展时空特征与预测分析[J].地球信息科学学报 2012(4):490-496
- [5] 李开宇.行政区划调整对城市空间扩展的影响研究——以广州市番禺区为例[J].经济地理 2010(1):22-26
- [6] 黄焕春,运迎霞.基于 RS 和 GIS 的天津市核心区城市空间扩展研究[J].干旱区资源与环境 2012(7):165-171
- [7] 姜文亮等.基于 GIS 和空间逻辑回归模型的城市空间扩展预测——以深圳市龙岗区为例[J].测绘科学 2008(4):172-174
- [8] 杨山等.基于城乡能量对比的城市空间扩展规律研究——以无锡市为例[J].人文地理 2009(6):44-49
- [9] 谭雪兰等.基于 RS/GIS 的长沙市城市空间扩展及影响因素[J].经济地理 2017(3):81-85
- [10] 何流,崔功豪.南京城市空间扩展的特征与机制[J].城市规划学刊 2000(6):56-60
- [11] 修春亮,祝翔凌.地方性中心城市空间扩张的多元动力——基于葫芦岛市的调查和分析[J].人文地理 2005(2):9-12
- [12] 戴柳燕等.芜湖市城市空间扩展特征及影响因素分析[J].安徽师范大学学报(自然科学版) 2012(4):371-375
- [13] 冯斌,陈晓健.石嘴山城市空间扩展的影响因子时空变迁及未来趋势[J].现代城市研究 2013(9):63-69
- [14] 张洪恩等.快速城市化时期滨海城市空间扩展动力机制研究——以青岛为例[J].现代城市研究 2014(5):4-8
- [15] 乔林凰等.1990 年以来兰州市的城市空间扩展研究[J].人文地理 2008(3):59-63
- [16] 李治,李国平.中国城市空间扩展影响因素的实证研究[J].同济大学学报(社会科学版) 2008(6):30-34
- [17] 王肖惠等.我国省会城市空间扩展特征与规律——以沿海省会城市南京、杭州、济南、广州为例[J].陕西师范大学学报(自然科学版) 2015(3):80-85
- [18] 朱英明等.我国城市化进程中的城市空间演化研究[J].地理学与国土研究 2000(2):12-16
- [19] 胡焕庸.中国人口之分布[J].地理学报 1935(2):33-74
- [20] McNeill J, Alves D, Arizpe L, et al. Toward a typology and regionalization of land-cover and land-use change: report of working group B[A]. Turner B L, Meyer W. Changes in land use and land cover: a global perspective [C]. New Cambridge University Press, 1994:55-71
- [21] Favaro J M, Pumain D. Gibrat revisited: an urban growth model incorporating spatial interaction and innovation cycles[J]. Geographical Analysis, 2011(3):261-286
- [22] Brueckner J K, Fansler D A. The economics of urban sprawl: theory and evidence on the spatial size of cities [J]. The Review of Economics and Statistics, 1983(3):479-482
- [23] Wassmer R W. Causes of urban sprawl in the United States: Auto reliance as compared to natural evolution, flight from blight, and local revenue reliance [J]. Journal of Policy Analysis and Management, 2008(3):536-555
- [24] Stone C N. Regime Politics: Governing Atlanta, 1946-1988 [M]. University Press of Kansas, 1989
- [25] 张建辉,靳涛.转轨式经济增长与城乡收入差距:中国的经验(1978-2008) [J].学术月刊 2011(7):79-86
- [26] 王松忠等.闽东北旅游气候资源评估与利用[J].浙江气象, 2011(2):29-33
- [27] 陆鼎煌等.北京城市绿化夏季小气候条件对人体的适宜度 [M]. 气象出版社, 1984:144-152
- [28] Bond S. Dynamic panel data models: a guide to micro data methods and practice [J]. Portuguese Economic Journal, 2002(2):141-162

(责任编辑:赵勇)