

引用格式:胡曾曾,赵志龙,张贵祥.非首都功能疏解背景下北京市人口空间分布形态模拟[J].地球信息科学学报,2018,20(2):205-216. [ Hu Z Z, Zhao Z L, Zhang G X. Simulation and projection of the spatial pattern of the population in Beijing under the background of non-capital function extraction[J]. Journal of Geo-information Science, 2018,20(2):205-216. ] DOI:10.12082/dqxxkx.2018.170368

# 非首都功能疏解背景下北京市人口空间分布形态模拟

胡曾曾<sup>1,3</sup>, 赵志龙<sup>2\*</sup>, 张贵祥<sup>1,3</sup>

1. 首都经济贸易大学 城市经济与公共管理学院, 北京 100070; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所 陆地表层格局与模拟国家重点实验室, 北京 100101; 3. 城市群系统演化与可持续发展的决策模拟研究北京市重点实验室, 北京 100070

## Simulation and Projection of the Spatial Pattern of the Population in Beijing under the Background of Non-capital Function Extraction

HU Zengzeng<sup>1,3</sup>, ZHAO Zhilong<sup>2\*</sup>, ZHANG Guixiang<sup>1,3</sup>

1. College of Urban Economics and Public Administration, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China; 2. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 3. Beijing Key Laboratory of Megaregions Sustainable Development Simulation, Beijing 100070, China

**Abstract:** Based on population distribution data of Beijing City at the spatial scale of 1 km×1 km grid in 2005 and 2010 and CA-Markov model, we simulated the spatial distribution of the population in 2015, 2020, 2025 and 2030. Then, we used the population data at the spatial scale of street to verify the simulation accuracy. On the basis of good reliability of the model and from the perspective that population redistribution is driven largely through industries transfer, we combined the data on employment quantity of different industries at the spatial scale of streets of Beijing city with the population redistribution goal and transfer direction of industries. Then, we calculated the decentralization weight of each street, and analyzed the spatial distribution after redistributing 15% of the population in the six central urban districts in 2020. The results indicated that, firstly, during 2005-2010, the region of the low population density at level 1 is accounting for 90%, focusing on Miyun District, Huairou District, Yanqing District and Fangshan District. Population density above level 10 focused on Xicheng District and Dongcheng District. Secondly, from 2015 to 2030, the low population density area shows a downward trend and the middle to high population density area shows an upward trend under natural conditions. Thirdly, under the impact of non-capital function extraction, population distribution in the six central urban districts shows a trend from focusing on middle-high level to low-middle level, and the high population density area shows a downward trend in 2020. Except Dongcheng District, the rest of five districts focus on population density area at level 5-8. In conclusion, this study can be useful for population management, resource allocation, and policy making.

**Key words:** spatia distribution of the population; kilometer grids; CA-Markov model; non-capital function; Beijing City

收稿日期 2017-08-08; 修回日期: 2017-11-23.

**基金项目** 北京市社科基金研究基地项目(14JDZHB007); 北京市科委培育项目(Z171100002217021); 首都经济贸易大学特大城市经济社会发展研究协同创新中心项目(TDJD201401); 首都经济贸易大学研究生科技创新资助项目。[ **Foundation items:** Beijing Social Science Foundation Research Base Project, No.14JDZHB007; Cultivation Program of Beijing Municipal Science and Technology Commission, No.Z171100002217021; Project from Collaborative Innovation Center for Economic and Social Development and Research of Megalopolis in CUEB, No.TDJD201401; Program of Postgraduates' Scientific and Technological Innovation in Capital University of Economics and Business. ]

**作者简介** 胡曾曾(1989-), 女, 湖北宜昌人, 博士生, 研究方向为首都圈发展与治理。E-mail: huzengzeng188@163.com

**\*通讯作者** 赵志龙(1988-), 男, 河北张家口人, 博士, 研究方向为土地变化与土地资源。E-mail: geozhao@163.com

\*Corresponding author: ZHAO Zhilong, E-mail: geozhao@163.com

**摘要** 本文以北京市2005年和2010年公里网格人口分布数据为基础,运用CA-Markov模型模拟了北京市2015、2020、2025和2030年4期公里网格人口分布数据集;应用街道尺度的人口数据对模拟精度进行了验证;在模型可靠性良好的基础上,从产业疏解推动人口疏解的角度出发,结合北京市各街道各产业从业人口数据、产业疏解方向和中心城区人口疏解目标,确定了北京市各街道人口疏解的权重,并由此预测了2020年北京市中心城区人口疏解15%后的人口空间分布情况。研究表明:① 2005–2010年,北京市约90%的公里网格人口密度等级为1级,集中在密云区、怀柔区、延庆区和房山区,而人口密度在10级以上的区域集中在西城区和东城区;② 在无人口疏解政策影响下,2015–2030年北京市公里网格人口分布呈现出低人口密度区域减少、中高人口密度区域增加的态势;③ 在人口疏解政策影响下,至2020年,中心城区人口分布从集中于中高密度等级转向集中于中低人口密度等级。中心城区最高人口密度等级的数值呈下降态势,并且高人口密度等级的区域占比也呈下降态势。除东城区外,其余5个中心城区的人口集中于人口密度等级为5–8级的区域。本文的研究成果可为人口管理、资源配置和政策制定提供科学参考。

**关键词** 人口空间分布;公里网格;CA-Markov;非首都功能;北京市

## 1 引言

“十三五”时期是中国全面建成小康社会决胜阶段,国民经济要保持中高速增长,首都北京担负着重要的发展使命和示范引领作用。与此同时,十三五期间控制2300万的人口规模是一个约束性指标。改革开放以来,北京市的常住人口从1978年的871.5万增加到现在的2151.6万,年均增长率为7%,在稳增长的大背景下,北京不仅具有人才、资金、商品、技术、信息等要素聚集的天然优势,也更多地从国家产业政策、区域发展政策以及新型城镇化发展中受益。以京津冀协同发展为例,随着京津冀交通一体化先行,城际铁路的修建、断头路的打通,三地间联系的加强,跨区域流动成本下降,人口会向市场规模较为庞大的、基础设施和公共服务好的核心城市集聚。因为人口跨区域流动的一个主要动因是获取更高的收入和更有体面的职业。北京城镇家庭人均可支配收入远远高于周边的河北、山西、内蒙、辽宁等城镇家庭,在基础设施、科教文卫、社会保障等公共服务领域具有明显的优势。随着国家新型城镇化的进一步实施和劳动力人口的自由流动,在京津冀一体化前期,将会有一段时间持续吸引周边的人口向北京集聚,直到周围城市形成反磁力从而吸引更多经济活动集聚的局面出现。“十三五”时期是京津冀协同发展在深层次上的破冰期,周边流动人口还将有一段时间向北京进一步集聚,加剧控制人口规模的困境。

在这种背景下,非首都功能的有序疏解不仅是破解北京“大城市病”的根本途径,更是促进北京产业转型升级、空间布局优化、发展阶段跃升和实现功能“蝶变”的难得历史机遇和最大发展动力,非首

都功能疏解的目的和关键在于提升首都“四个中心”功能,而从当前北京的发展实际看,北京与纽约、伦敦、东京等国际城市相比还存在较大差距,同时也难以实现国家打造以北京为核心的世界级城市群的要求。通过疏解部分功能,一方面,倒逼产业朝高端化、服务化、聚集化、融合化、低碳化方向发展,实现“腾笼换鸟”,优化空间布局,强化优势资源聚集,提升核心功能,推动首都经济向形态更高级、结构更合理的发展阶段演化;另一方面,还可以激活并扩散北京的要害资源,促进区域趋同发展,实现京津冀协同发展<sup>[2]</sup>。关于非首都功能疏解,已有的研究集中在对非首都功能的内涵、疏解思路、疏解的影响等方面,从城市功能定位或城市功能的类别角度来看,非首都功能是除了4大核心功能(全国政治中心、文化中心、国际交往中心、科技创新中心)之外的城市功能<sup>[3]</sup>,政府在引导疏解非首都功能过程中要注重差异化,对制造业和区域物流基地侧重鼓励政策和经济杠杆推动疏解,对部分社会公共服务功能和行政性、事业性服务机构的疏解侧重发挥政府对资源配置的推动作用<sup>[4]</sup>,同时还要注重京津冀区域内部产业协同发展<sup>[5]</sup>。向哪里疏解非首都功能疏解,存在很大争议,包括向北京边缘区域的区县转移<sup>[6]</sup>、向京津冀两地转移<sup>[7]</sup>、向雄安新区和通州集中疏解,使雄安新区与北京城市副中心共同形成北京新的两翼<sup>[8]</sup>等说法,也有具体到每类别的疏解建议,如北京石油加工业、金属加工业、造纸业、纺织业分别向沧州、邢台和唐山、廊坊、衡水疏解<sup>[9]</sup>。但无论向哪里疏解,城六区作为向外疏解的重点区域已达成共识。2015年,在北京市发布的《北京市人民政府关于进一步推进户籍制度改革的实施意见》中,提出2020年城六区常住人口在2014年基础

上下降15%的目标,争议集中在选择需要疏解哪些产业,大多从定性的角度去阐述观点<sup>[8-10]</sup>。也有部分从定量的角度来分析的,包括采用行业平均工资低于全市平均工资80%作为甄选低端产业的依据、使用偏离份额分析法选出不具有本地竞争优势的产业、采用区位熵来遴选需疏解的产业、通过投入产出法分析经济敏感度选择应疏解的产业等<sup>[13-14]</sup>。

现有文献中关于人口空间分布方面的研究成果非常丰富,包括人口分布综述、规律研究、影响因素和机制、度量方式和应用研究等<sup>[15-18]</sup>。在人口学预测方面,大多围绕人口总量、劳动力数量和老龄化率及人口红利等数量或结构来预测,也有采用人口密度来衡量人口分布的,但最小的尺度也是县域尺度<sup>[19-20]</sup>,且大多都是针对全国或者部分区域人口密度的预测,鲜有采用公里网格数据对单个城市人口密度进行动态预测。在对城市人口空间分布的研究中,经常用到克拉克和纽林模型<sup>[21-23]</sup>,但是这些模型是西方学者根据西欧、北美等国家的大城市发展的人口空间分布变动概括所得,对北京城市的研究存在局限<sup>[24]</sup>。近年来,随着CA-Markov模型被引入到城市土地利用的研究中<sup>[25-27]</sup>,以及基于人口密度与土地利用格局耦合关系的公里网格人口分布数据的产生,使运用CA-Markov模型探讨1 km空间尺度下不同区域人口密度的未来变化成为可能。对于单个城市人口密度预测而言,采用细化到公里网格的人口数据以及应用街道尺度的人口统计数据对模拟获得的人口空间分布进行验证,会使预测更加精准。此外,结合城市产业数据、产业疏解政策以及产业疏解方向,来确定人口疏解权重,也会使疏解政策下人口空间分布的模拟和预测工作更为精确。

综上,本文以北京市2005年和2010年的公里网格人口分布数据为基础,利用北京各区产业数据,结合疏解政策以及产业疏解方向,运用CA-Markov模型,模拟和对比北京市公里网格人口在有无非首都功能疏解政策干预下的空间分布,对人口管理、资源配置和政策制定都具有重要参考意义。

## 2 数据源与研究方法

### 2.1 数据源

本文所使用的北京市公里网格人口分布数据源于中国公里网格人口分布数据集<sup>[28]</sup>,该数据集包括2005年和2010年的中国公里网格人口空间分布

数据,数据格式为ArcGIS TIF格式,单位:人。本文采用北京市行政边界对2005年和2010年的中国公里网格人口分布数据进行裁切,分别得到2005年和2010年的北京市公里网格人口分布数据,并用以预测未来北京市人口空间分布模拟。地图数据即北京市行政边界及其内部各区行政边界数据源于1:400万中国基础地理数据库(2003年)。本文通过整理龙信公司大数据、各区统计年鉴以及第三次经济普查数据,得到各区各街道各行业的企业数占比、各区各街道各行业从业人员占比数据。

### 2.2 数据处理

本文所采用的中国公里网格人口分布数据集<sup>[28]</sup>以遥感反演的土地利用数据和中国统计年鉴的人口统计数据为基础,在考虑人口密度与土地利用格局的耦合关系后,生成了1 km×1 km人口空间分布的栅格数据。根据2005年和2010年的北京市公里网格人口分布数据集中每一个1 km×1 km的网格内的人口数量(即人口密度/人/km<sup>2</sup>)和IDRISI TerrSet软件的Markov模块中最大的可分类别为20的限制条件,将北京市人口密度划分为20个等级,最低为第1级,人口密度为0~2000人/km<sup>2</sup>,以此类推,在第1级和第20级之间,按照2000人/km<sup>2</sup>的间距划分其余18个等级,第20级人口密度>38 000人/km<sup>2</sup>。最后,依据2005-2010年的人口变化状况并借助CA-Markov模型来模拟未来人口变化情况。

### 2.3 CA-Markov模型设定

CA模型是一种具有时空计算特征的动力学模型,能够将较小范围的观测数据结合到邻域转化规则中。其通过计算机模拟大范围的动态特征<sup>[29-30]</sup>,按照一定的转换规则(包括邻域效应和转移可能图像)控制空间格局变化<sup>[31]</sup>,具有模拟复杂系统空间变化的能力。Markov模型是利用Markov链的无规则运动过程和状态转移概率对事物进行动态演变模拟。Markov链通过各种土地利用类型的转移面积矩阵控制时间变化<sup>[31]</sup>,具有长期预测的优势。CA-Markov模型结合了二者优势,是一个能有效预测区域土地利用格局的变化和时空动态变化的综合模型<sup>[32-34]</sup>。同时,土地利用深刻地影响着人口的空间分布,其格局与人口密度之间存在着紧密联系。对人口数据按照密度等级进行重分类后,本文拟将人口密度等级按照土地利用类型来理解,并探讨人口密度的未来变化情况。CA-Markov模型具体流程<sup>[35]</sup>(图1)如下:



### (1) 利用Markov链计算转移概率矩阵

在 IDRISI TerrSet 软件的 Markov 模块中, 分别输入 2005 年和 2010 年的北京市公里网格人口分布数据集, 它们来源于 2005 年和 2010 年中国公里网格人口分布数据集(空间分辨率为  $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ ), 并由北京市行政边界矢量数据裁切获得。而后, 得到 2005–2010 年不同人口密度等级之间的转移概率矩阵。

### (2) 创建人口转移可能性图集

人口转移可能性图集表示一种人口密度等级转换为另一种的可能性和概率, 这个过程同时考虑每个人口密度等级的邻域效应。邻域效应强调人口变化的动态性。当一个区域内一种人口密度等级处于另一种人口密度等级包围时, 那么该人口密度等级转化为另一种人口密度等级的概率很高, 这符合相关研究指出的人口就近迁移规律<sup>[36–37]</sup>。

### (3) 模拟人口变化空间分布

利用 IDRISI TerrSet 软件中的 CA-Markov 模块模拟人口密度等级变化的空间分布, 以 2015 年人口密度等级变化的空间分布模拟为例, 需要 3 部分数据: ① 2005 年和 2010 年北京市公里网格人口分布数据集; ② 2005–2010 年不同人口密度等级之间的转移概率矩阵; ③ 人口转移可能性图像集。设置 CA 的迭代次数为 10, 选择  $5\text{ km} \times 5\text{ km}$  的邻近滤波器。最后可得出 2015 年北京市人口分布的预测图。

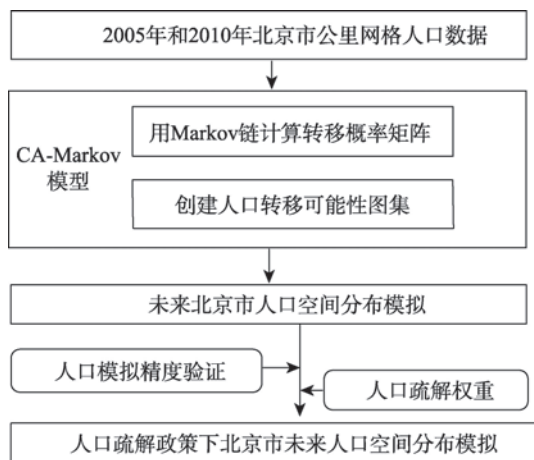


图1 流程图

Fig. 1 Workflow

## 3 北京人口空间分布模拟分析

### 3.1 无疏解政策下北京市人口空间分布模拟

(1) 北京市 2005–2010 年公里网格人口空间分布  
由 2005 年和 2010 年的公里网格人口分布情况

(图 2) 可知, 北京市行政范围为  $1.6406\text{ 万 km}^2$ 。在该范围内, 约 90% 的公里网格人口密度在 1 级以下, 集中在密云区 (14.93% 和 15%), 怀柔区 (14.15% 和 14.25%), 延庆区 (13.26% 和 13.34%) 和房山区 (12.38% 和 12.61%)。而人口密度在 10 级以上的区域集中在西城区 (54.02% 和 50.54%) 和东城区 (35.63% 和 33.33%)。2005–2010 年, 北京市人口密度在 4 级以上的区域呈显著增加态势, 并以 4、5、6、9 级人口密度等级区域的增加为主, 分别为 10.17%、15.07%、40.40%、18.55%。从各功能区来看, 首都核心区人口逐渐增加至饱和状态。该时期, 西城区的中高人口密度区域呈增加态势, 北京市 13、17 级人口密度等级的区域集中在该区; 东城区也表现出全区域人口密度上升的情况, 北京市 12、14、15 级人口密度等级的区域集中在该区。在首都功能扩展区中, 朝阳区、石景山区、丰台区和海淀区则表现出高人口密度区域的大幅增加以及全区域人口密度的上升。在城市发展新区中, 通州区、昌平区、房山区、大兴区 4 区则表现出低人口密度区域减少, 高人口密度区域增加的态势。在生态涵养发展区中, 密云区、平谷区、怀柔区、延庆区、门头沟区的人口密度保持平衡状态。

### (2) 北京市 2015–2030 年公里网格人口空间分布模拟

根据上文提及的 CA-Markov 模型的分析方法和计算流程, 模拟了 2015、2020、2025 和 2030 年北京市各区公里网格的人口空间分布情况(图 3)。

由图 3 可知, 2015–2030 年位于首都核心区的西城区和东城区的人口密度呈下降趋势, 其中西城区高人口密度等级所占北京市比重逐渐下降, 最低人口密度等级不断上升, 中高人口密度等级区域占西城区的面积比重超过 70%。例如, 2030 年最低人口密度等级为 11 级, 相比 2015 年的 6 级有很大提升。2030 年, 11 级所占西城区的面积比重为 46.94%, 而 17 级也达到了 30.61%, 但相比于 2015 年这些人口密度等级区域占北京市的面积比重而言, 该年西城区 11 级区域占北京市同等级区域的比重下降至 10.22%, 而 17 级则下降至 33.33%。东城区 2015–2030 年高人口密度等级所占面积比重逐渐下降, 如 2030 年东城区 14 级区域占北京市同等级区域的比重下降至 34.21%。

在首都功能扩展区中, 海淀区人口密度呈现出普遍下降态势, 仅在部分人口密度等级呈现上升趋势, 如人口密度等级为 9 的区域所占北京市的面积

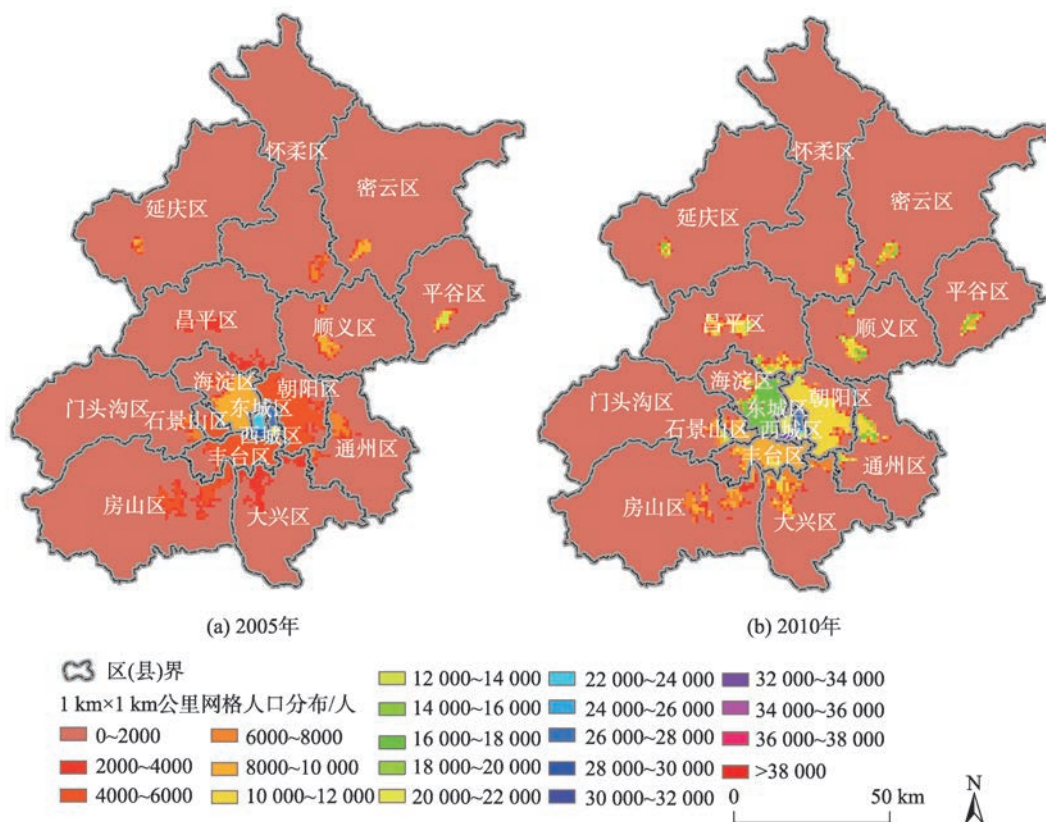


图2 2005年和2010年北京市人口空间分布图

Fig. 2 Spatial distribution of population in Beijing in 2005 and 2010

比重上升了17%。朝阳区人口密度呈现显著上升趋势,例如人口密度等级为6、15、20的区域所占北京市的面积比重分别上升了46%、59%、43%。石景山区、丰台区人口密度呈现出较为稳定态势,并在部分人口密度等级呈现上升趋势,如石景山区和丰台区人口密度等级为5的区域所占北京市的面积比重分别上升了22%和33%。

城市发展新区和生态涵养发展区人口密度的变化呈现稳定态势。密云区、怀柔区、延庆区、房山区、平谷区、门头沟区、大兴区的人口变化总体保持稳定态势,顺义区人口密度呈现上升趋势,如人口密度等级为17的区域所占北京市的面积比重上升了7%。通州区、昌平区表现出低人口密度区域减少,高人口密度区域增加的态势,如通州区的人口密度等级为10的区域所占北京市的面积比重上升了11%。昌平区的人口密度呈现显著上升趋势,人口密度等级为18和19的区域所占北京市的面积比重分别上升了23%和27%。

### 3.2 公里网格人口空间分布模拟精度验证

为说明CA-Markov模型对北京市公里网格人

口分布模拟的可行性和准确性,本文对2015年北京市公里网格人口分布的模拟结果进行验证。以朝阳区为例,根据该区在2015年统计年鉴和第三次经济普查中总计141 018家企业的从业人员数据,得到朝阳区43个街道平均人口密度,而后将模拟的2015年朝阳区公里网格人口数据与各街道范围相对应,计算出各街道的平均人口密度等级,继而将模拟获得的朝阳区街道人口密度等级与实际街道人口密度等级进行对比,以表征数据模拟精度。对比结果显示,CA-Markov模型模拟的公里网格人口数据准确率达70%(表1),表明采用CA-Markov模型对北京市公里网格人口分布进行模拟具有可行性。

### 3.3 非首都功能疏解政策干预下北京市人口空间分布模拟

#### (1) 疏解权重计算及应疏解人口数

北京市政府提出要在2020年完成疏解城六区2014年人口基数15%的目标,所以本文从城六区疏解角度出发来模拟有疏解干预下的北京市人口空间分布,设定了自2015年开始5年内中心城区人口疏解15%的目标值,即东城区、西城区、朝阳区、海



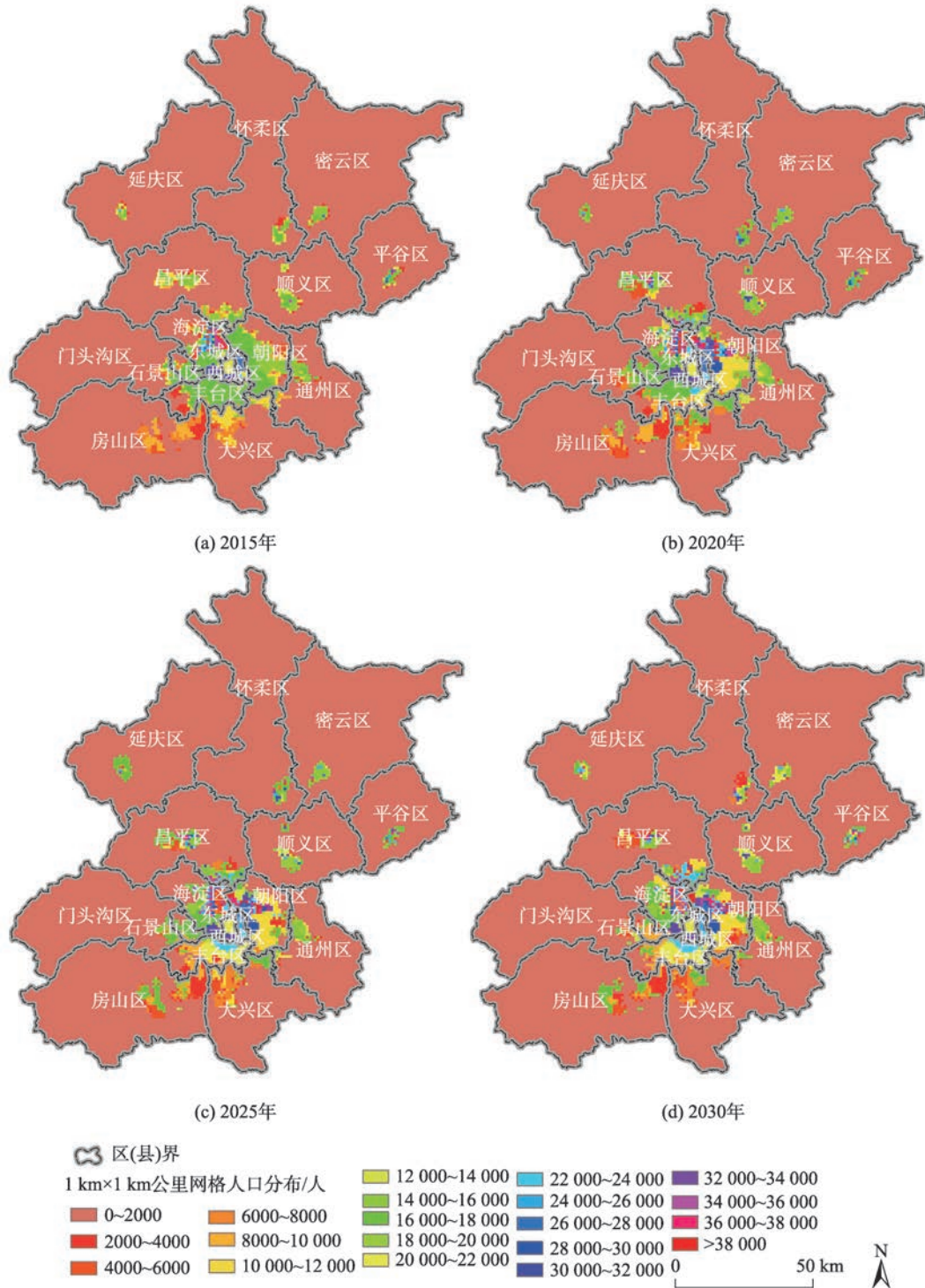


图3 2015-2030年北京市人口空间分布图

Fig. 3 Spatial distribution of population in Beijing during 2015-2030

淀区、丰台区、石景山区分别要完成疏解人口14、20、60、55、35和10万,六区总计194万。在预测模型中,通过对城六区所属的公里网格加入疏解权重(即下降的人口等级)来模拟北京市2020年的人口变化情况,其中疏解权重的赋予是关键。

一方面,确定应疏解的产业范畴,根据《京津冀协同发展规划纲要》中关于疏解四大类非首都功能的相关建议<sup>[38]</sup>,包括部分一般制造业,批发零售业,交通运输、仓储和邮政业,租赁和商务服务,教育,卫生和社会工作,公共管理、社会保障和社会组织

表1 2015年实际人口密度与模拟人口密度对照表(以朝阳区为例)

Tab. 1 Comparison of the actual population density and the modeled population density

朝阳区街道	常住人口/人	街道面积/km <sup>2</sup>	实际公里网格人口 密度/(人/km <sup>2</sup> )	模拟公里网格人口 密度范围(人/km <sup>2</sup> )	误差范围值(15%)	是否在误差 范围
团结湖	36 498	1.23	29 575	16 000~18 000	13 600~20 700	否
和平街	92 245	3.24	28 440	16 000~18 000	13 600~20 700	否
潘家园	81 467	2.87	28 359	16 000~18 000	13 600~20 700	否
呼家楼	64 607	2.88	22 446	16 000~18 000	13 600~20 700	否
八里庄	86 975	3.96	21 940	14 000~16 000	11 900~18 400	否
安贞	47 897	2.21	21 703	10 000~12 000	8500~13 800	否
小关	51 363	2.54	20 244	16 000~18 000	13 600~20 700	是
左家庄	66 121	3.30	20 038	16 000~18 000	13 600~20 700	是
香河园	34 769	1.77	19 636	16 000~18 000	13 600~20 700	是
朝外	42 812	2.19	19 580	16 000~18 000	13 600~20 700	是
劲松	75 049	3.88	19 360	16 000~18 000	13 600~20 700	是
六里屯	62 483	3.34	18 693	16 000~18 000	13 600~20 700	是
双井	73 755	5.02	14 698	16 000~18 000	13 600~20 700	是
酒仙桥	70 404	5.08	13 855	14 000~16 000	11 900~18 400	是
三里屯	51 280	3.18	16 126	16 000~18 000	13 600~20 700	是
建外	60 325	3.92	15 392	16 000~18 000	13 600~20 700	是
垡头	54 712	3.46	15 791	16 000~18 000	13 600~20 700	是
亚运村	72 096	5.14	14 032	16 000~18 000	13 600~20 700	是
望京	136 749	9.67	14 144	16 000~18 000	13 600~20 700	是
太阳宫	84 038	5.92	14 205	16 000~18 000	13 600~20 700	是
三间房	103 798	8.48	12 234	14 000~16 000	11 900~18 400	是
大屯	138 696	9.63	14 406	16 000~18 000	13 600~20 700	是
南磨房	148 509	9.68	15 335	16 000~18 000	13 600~20 700	是
管庄	127 946	10.20	12 547	14 000~16 000	11 900~18 400	是
东风	101 624	7.25	14 009	14 000~16 000	11 900~18 400	是
麦子店	32 171	1.66	19 330	16 000~18 000	13 600~20 700	是
高碑店	119 928	15.03	7980	14 000~16 000	11 900~18 400	否
奥运村	243 057	19.41	12 520	16 000~18 000	13 600~20 700	否
常营	90 379	9.59	9427	10 000~12 000	8500~13 800	是
首都机场	24 894	10.03	2483	0~2000	0~2300	是
小红门	174 743	12.01	14 546	16 000~18 000	13 600~20 700	是
将台	119 627	11.27	10 613	12 000~14 000	10 200~16 100	是
平房	169 379	15.17	11 165	12 000~14 000	10 200~16 100	是
来广营	259 156	25.90	10 006	12 000~14 000	10 200~16 100	否
东坝	111 108	24.62	4512	8000~10 000	6800~11 500	否
十八里店	257 180	25.35	10 145	16 000~18 000	13 600~20 700	否
王四营	123 205	15.29	8057	14 000~16 000	11 900~18 400	否
豆各庄	37 181	14.06	2645	8000~10 000	680~11 500	是
黑庄户	56 471	24.18	2336	4000~6000	3400~6900	否
崔各庄	74 544	31.53	2364	2000~4000	1700~4600	是
孙河	10 395	34.70	300	0~2000	0~2300	是
金盏	85 410	50.16	1703	2000~4000	1700~4600	是
总人口	3 955 046					

模拟公里网格人口密度在实际公里网格人口密度范围内的准确率 70%

注:表中“望京”包括望京街道和望京开发区,CA-Markov模型的模拟误差系统默认为15%

等<sup>[1]</sup>;另一方面,计算下降的人口等级,根据北京市各街道办事处和各乡镇应着重完成疏解的产业范畴比重,确定各街道办事处和各乡镇的应疏解人口总数和下降的人口等级,城六区各街道办事处和各乡镇应着重疏解的四大类产业占比数据来源于各区统计年鉴、龙信公司大数据库和第三次经济普查数据。

以朝阳区为例,计算过程为:①由朝阳区第三次经济普查数据中企业机构数和分布地区以及龙信大数据公司提供的相关数据整理得到各街道应疏解产业比重。朝阳区一般制造业集中在酒仙桥、金盏、黑庄户、十八里店、望京、南磨房地区等行政区,批发与零售业多集中在建外、左家庄、望京、朝外、呼家楼等行政区,交通运输、仓储和邮政业多集中在十八里店、黑庄户、朝外、建外、左家庄、王四营、金盏等行政区,租赁和商务服务多集中在建外、呼家楼、八里庄等行政区,教育产业多集中在望京、建外、大屯、劲松、左家庄等行政区,卫生和社会工作产业多集中在十八里店、大屯、建外、劲松、来广营、望京等行政区,公共管理、社会保障和社会组织产业多集中在朝外、呼家楼、麦子店、建外、小关等行政区,通过整理各街道应疏解产业比重,得到建外(8.7%)、望京(5.15%)、十八里店(4.19%)、劲松(4.14%)、呼家楼(4.09%)、奥运村(3.87%)、朝外(3.84%)、大屯(3.83%)等各街道应疏解产业占比。②计算朝阳区各街道平均公里网格内应疏解产业占比=各街道应疏解产业比重/对应街道的面积(街道面积数据来源于朝阳区统计年鉴)。③计算朝阳区各街道平均公里网格内可能下降的人口等级,先计算各街道平均公里网格内应疏解人口数=各街道平均公里网格内应疏解产业占比×应疏解总人口(朝阳区为60万),再计算得到各公里网格内可能下降的人口等级=各公里网格内应疏解人口数/一个等级的人口数(0.2万)。以此类推,对城六区内各1 km×1 km网格人口密度等级进行赋权重,计算出15%疏解情景下城六区应疏解的人口数(表2),进而计算各区下降的人口等级,得到城六区在非首都功能疏解下的2020年北京市人口空间分布情况(图4)。

(2)非首都功能疏解政策干预下公里网格人口空间分布模拟

2020年,中心城区完成人口疏解15%目标后(图4),将其与无疏解政策干预下的2030年人口状况相比,发现在首都核心功能区中,西城区最高的人口密度等级降为14级,面积占比为28.57%,最低

的人口密度等级为6级,面积占比为4.08%,人口主要集中在8级,这个等级所占西城区面积比重达到51.02%。东城区最高的人口密度等级降为17级,面积占比为2.38%,最低的人口密度等级为6级,面积占比为26.19%,人口主要集中在11级,这个等级所占东城区面积比重达到40.48%。城市功能拓展区,朝阳区最高的人口密度等级降为7级,面积占比为0.66%,最低的人口密度等级为1级,面积占比为28.19%,人口主要集中在5、6级,这2个等级所占朝阳区面积比重分别达到24.89%和41.63%。丰台区最高的人口密度等级降为14级,但面积占比仅为0.34%,最低的人口密度等级为1级,面积占比为14.14%,人口主要集中在6级,这个等级所占丰台区面积比重达到63.64%。石景山区最高的人口密度等级降为9级,面积占比为1.18%,最低的人口密度等级为1级,面积占比为22.35%,人口主要集中在6级,这个等级所占石景山区面积比重达到61.18%。海淀区最高的人口密度等级降为17级,面积占比为2.77%,最低的人口密度等级为1级,面积占比为45.62%。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

本文以2005年和2010年北京市公里网格人口分布数据为基础,通过CA-Markov模型模拟了北京市2015、2020、2025和2030年4期公里网格人口分布数据集,而后应用由统计口径获得的街道尺度人口数据对模型预测获得的人口数据进行验证。在模型可靠性良好的基础上,从产业疏解角度出发确定北京市各区人口疏解的权重,并预测了2020年北京市中心城区人口疏解15%后的情景。相关结论如下:

(1)2005–2010年,北京市约90%的公里网格人口密度等级为1级,集中在密云区、怀柔区、延庆区和房山区,而人口密度在10级以上的区域集中在西城区和东城区。首都功能核心区的中高人口密度区域呈增加态势,首都功能扩展区表现出高人口密度区域大幅增加以及全区域人口密度上升的态势,城市发展新区表现出低人口密度区域减少,高人口密度区域增加的态势,生态涵养发展区的人口密度则保持着平衡状态。

(2)CA-Markov模型预测人口密度的精度为70%。在无人口疏解政策影响下,2015–2030年北



表2 模拟2020年北京市城六区在完成15%疏解总目标下应疏解人口数(人)  
Tab. 2 The simulated population that should be extracted under the objective of 15% extraction in the six district of Beijing in 2020

区域			区域			区域			区域		
人数			人数			人数			人数		
东城区	东直门	6556	朝阳区	建外	11 095	海淀区	垡头	488	丰台区	万柳地区	52
	崇文门	5928		朝外	8794		平房	404		温泉镇	33
	建国门	5560		呼家楼	7109		黑庄户	267		方庄	4574
	朝阳门	4861		左家庄	5593		东坝	244		大红门	3984
	北新桥	4746		劲松	5341		崔各庄	227		西罗园	3881
	东华门街道	4280		八里庄	4623		豆各庄	202		东铁匠营	3733
	东四	4212		团结湖	3852		金盏	179		马家堡	3504
	和平里	4018		潘家园	3540		孙河	142		和义街道	3438
	体育馆	2843		双井	3265		首都机场	90		右安门	2501
	龙潭	2825		三里屯	3262		海淀	16 872		卢沟桥	2097
	景山街道	2173		安贞	3160		中关村	12 666		丰台	2068
	东花市	2047		小关	3007		上地	9619		太平桥	1448
	交道口街道	1882		香河园	2989		甘家口	6256		新村	1102
	安定门	1831		和平街	2839		北下关	5613		东高地	863
	永外	1195		望京	2662		紫竹院	5096		南苑	571
	前门	1137		麦子店	2360		北太平庄	4870		宛平城	436
	天坛	1044		亚运村	2196		曙光	4105		长辛店	392
西城区	广安门外街	6339	酒仙桥	2034	花园路	3957	石景山区	云岗	233		
	崇文门	5928	大屯	1987	八里庄	3745		王佐镇	178		
	牛街街道	5353	六里屯	1832	羊坊店	3524		苹果园街道	3065		
	展览路街道	5197	南磨房	1526	燕园	3066		鲁谷社区	2420		
	德胜街道	4894	三间房	1142	万寿路	2643		八角街道	2401		
	金融街街道	4399	太阳宫	1038	清华园	2476		八宝山街道	999		
	白纸坊街道	4395	管庄	1018	学院路	2189		古城街道	859		
	新街口街道	4242	奥运村	996	清河	1976		广宁街道	684		
	椿树街道	4102	高碑店	962	田村路	1441		老山街道	526		
	月坛街道	3733	王四营	942	永定路	1408		金顶街街道	503		
	广安门内街道	3699	小红门乡	836	西三旗	1249		五里坨街道	118		
	天桥街道	2768	十八里店	827	马连洼	1196					
	大栅栏街道	2597	来广营	678	四季青镇	580					
	陶然亭街道	2140	常营地区	665	东升镇	493					
	什沙海街道	1892	东风	626	西北旺镇	89					
	西长安街街道	1714	将台地区	616	青龙桥	89					

注:本文中因为要将公里网格数据和各街道图层相对接来进行对比分析,加上近年来街道行政区划有少许变动,所以统一采用北京市2010年街道行政区划进行分析

京市公里网格人口分布呈现出低人口密度区域减少、中高人口密度区域增加的态势。其中,公里网格人口密度等级为1级的区域占比由90%下降到87%,公里网格人口密度等级为11-13级的区域占比增加最为明显。位于首都功能核心区的东城区和西城区的高人口密度等级区域占比下降;首都功能扩展区中,海淀区人口密度呈现出普遍下降态

势,朝阳区人口密度呈现显著上升趋势,而石景山区、丰台区人口密度则呈现出较为稳定态势;城市发展新区和生态涵养发展区的人口密度变化总体呈现稳定态势,通州区、昌平区表现出低人口密度区域减少,高人口密度区域增加的态势。  
(3)根据应疏解的产业类型以及相对应的各个街道的从业人员数据确定市内各街道的人口疏解

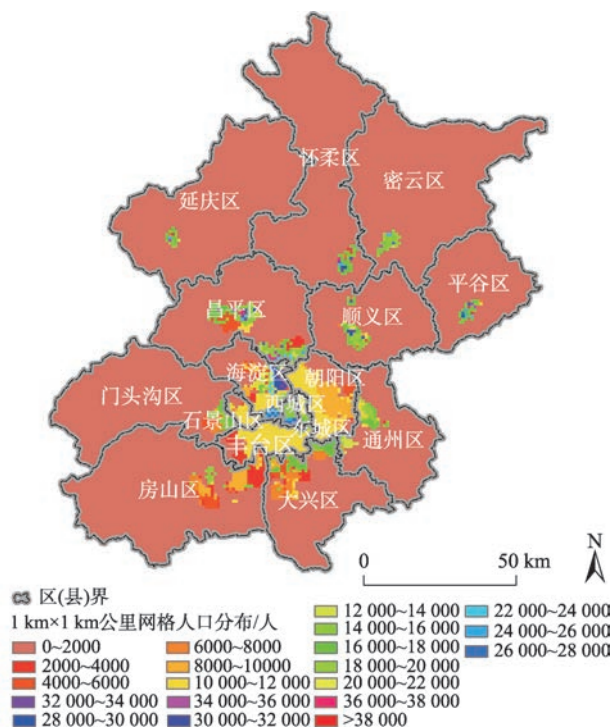


图4 2020年北京市非首都功能疏解政策下人口空间分布图  
Fig. 4 Spatial distribution of the population in Beijing in 2020 under the influence of layout policy of non-capital function

权重,以产业疏解推动人口疏解。在此人口疏解政策影响下,至2020年,中心城区人口分布从集中于中高密度等级转向集中于中低人口密度等级。首都功能核心区和首都功能扩展区的最高人口密度等级的数值均呈下降态势,并且高人口密度等级的区域占比也呈下降态势。除东城区外,其余5个中心城区的人口集中于人口密度等级为5~8级的区域。

## 4.2 讨论

国外城市的人口疏解大多遵循“政府主导,市场引导”原则,并运用法律、行政、市场等多种手段引导人口流动<sup>[39]</sup>,政府常常通过法律和行政手段来发挥控制人口疏解的主导作用,调控方法包括运用法律法规、行政规章制度和出台城市规划等。例如,首尔的《新行政首都特别法》(2004)通过释放空间资源来带动人口疏解<sup>[40]</sup>,伦敦的“大伦敦发展规划(2004)”合理规划了区域人口空间布局,而纽约的“精明增长计划(2000)”则规划了人口蔓延边界,防止无序蔓延<sup>[41]</sup>。市场则主要通过经济手段来引导人口流动的效果,调控方法包括产业政策、财政政策、税收优惠政策、信贷优惠政策、价格杠杆、资源调节等<sup>[41]</sup>。人口疏解的政策往往会导致人口空间布局的变化,如在限制中心城市空间方面,纽

约的“精明增长计划”通过控制土地粗放使用来管控人口;首尔的《首都圈整备计划法》通过严格界定地带功能来影响人口分布结构;东京的“绿带管理”则通过提高中心城新建住宅要求控制中心人口数量<sup>[42]</sup>。在拓展重组都市圈空间方面,最有效的手段是建设“都市圈”和“城市群”,扩展城市人口容纳力和流动边界,实现大区域内的合理布局<sup>[43]</sup>。

人口流动是影响北京市当前人口规模和结构变动的最重要因素,引导人口流动是人口调控的重点。在北京市人口空间分布不均的历史状态和核心区人口饱和的现状下,拟在2020年完成疏解中心城区2014年人口基数15%的目标,有很大难度。这主要是由于功能定位造成优质资源过于集中在中心城区,造成了中心城区人口规模大、人口流动大,且外迁出的意愿低的情况。为加快推进中心城区人口疏解,本文在借鉴国外城市的人口疏解经验的基础上,结合本文研究结论,拟提出以下对策建议:

① 宏观上对产业转移进行有序规划,并从经济、规划、行政、法律等方面协同推进,调整产业结构、转变发展方式,探索符合新阶段要求、能够带来大城市持续发展活力的新要素、新增长方式和新发展平台;② 需要进一步提高机构疏解的力度和精准度,这些人口疏解任务必须落实到各区的各个街道;③ 培育更多的大中小城市成为多中心多节点,形成对首都城市的反磁力,这也是区域协同发挥作用的关键。北京市的通州区、大兴区、房山区可建立针对中心城区的反磁力中心,尤其是加快推进北京市行政副中心-通州反磁力中心的建设,同时结合国家级新区-河北雄安新区建设,形成首都北京新的两翼和区域增长极,引导人口流动。

## 参考文献(References):

- [1] 段霞.城市大数据的分析与应用[M].北京:中国经济出版社,2015:156,167-196. [Duan X. Analysis and application of urban big data[M]. Beijing: China Economic Publishing House, 2015:156,167-196.]
- [2] 柴浩放.非首都功能疏解的域内外视角分析[J].商业经济研究,2017(4):215-217. [Chai H F. Internal and external analysis under the extraction of non-capital function[J]. Commercial Economic Research, 2017(4):215-217.]
- [3] 张可云,蔡之兵.北京非首都功能的内涵、影响机理及其疏解思路[J].河北学刊,2015,35(3):116-123. [Zhang K Y, Cai Z B. Connotation of non-capital function, the impact mechanism and the ideas of easing function[J]. Journal of Hebei, 2015,35(3):116-123.]

- [4] 赵弘,刘宪杰.疏解北京非首都功能的战略思考[J].前线, 2015(6):74-76. [Zhang H, Liu X J. Strategic thinking of Beijing Non-Capital function[J]. Frontline, 2015(6):74-76.]
- [5] 张可云,沈洁.疏解首都科技创新功能可行吗?——韩国的经验及其对北京的启示[J].北京社会科学,2016(3):58-66. [Zhang K Y, Shen J. On decentralization of the capital function of scientific and technological innovation: Korean experience and its implication for Beijing[J]. Social Science of Beijing, 2016(3):58-66.]
- [6] 谷树忠.疏解非首都核心功能[J].北京观察,2014(6):10-13. [Gu S Z. Decentralize the non-core functions of the capital[J]. Beijing Observation, 2014(6):10-13.]
- [7] 于化龙,臧学英.非首都功能疏解与京津产业对接研究[J].理论学刊,2015,262(12):67-73. [Yu H L, Zang X Y. Decentralize the non-capital functions and undertaking location of industry in Beijing and Tianjin[J]. Theory Journal, 2015,262(12):67-73.]
- [8] 郭金龙.有序疏解非首都功能推动京津冀协同发展[J].中国经贸导刊,2015(36):8-10. [Guo J L. Orderly decentralize the non-core functions of the capital and promote the Beijing-Tianjin-Hebei coordinated development[J]. China Economic & Trade Herald, 2015(36):8-10.]
- [9] 邓仲良,张可云.北京非首都功能中制造业的疏解承接地研究[J].经济地理,2016,36(9):94-101. [Deng Z L, Zhang K Y. Research on manufacturing easing and undertaking locations of Beijing Non-Capital Function[J]. Economic Geography, 2016,36(9):94-101.]
- [10] 王洪峰,张旭东,李亚红等.雄安新区如何启动实施建设[N].人民日报,2017-4-6(3). [Wang H F, Zhang X D, Li Y H. et al. How to construct Xiongan New Area[N]. The People Daily, 2017-4-6(3).]
- [11] 文魁.首都功能疏解与区域协同发展[J].城市管理与科技,2014(4):11-12. [Wen K. The capital function relief and the coordinated regional development[J]. Urban Management Science & Technology, 2014(4):11-12.]
- [12] 杨开忠.京津冀大战略与首都未来构想-调整疏解北京城市功能的几个基本问题[J].人民论坛·学术前沿,2015(2):72-83,95. [Yang K Z. The Beijing-Tianjin-Hebei grand strategy and the future concept of the capital: several basic issues on the adjustment of the urban functions of Beijing[J]. Frontiers, 2015(2):72-83,95.]
- [13] 孙威,毛凌霄,唐志鹏.基于敏感度模型的非首都功能疏解时序研究[J].地理研究,2016,35(10):1820-1827. [Sun W, Mao L X. Research on the decentralization sequence of non-capital function based on the sensitivity model[J]. Geographical Research, 2016,35(10):1820-1827.]
- [14] 龙瀛,茅明睿,毛其智,等.大数据时代的精细化城市模拟:方法、数据和案例[J].人文地理,2014,29(3):7-13. [Long Y, Mao M R, Mao Q Z, et al. Fine-scale urban modeling and its opportunities in the “big data” era: Methods, data and empirical studies[J]. Human Geography, 2014,29(3):7-13.]
- [15] 叶东安.我国人口分布的现状和特点-人口分布问题研究综述[J].人口研究,1988(5):57-59. [Ye D A. The present situation and characteristics of population distribution in China - the review on population distribution issue[J]. Population Research, 1988(5):57-59.]
- [16] 胡焕庸.中国人口之分布—附统计表与密度图[J].地理学报,1935,2(1):33-74. [Hu H Y. The distribution of population in China[J]. Acta Geographical Sinica, 1935,2(1):33-74.]
- [17] Yue T X, Wang Y A, Liu J Y, et al. SMPD scenarios of spatial distribution of human population in china[J]. Population and Environment, 2005,26(3):207-228.
- [18] LV Chen, FAN Jie, SUN Wei. Population distribution and influencing factors based on ESDA[J]. Chinese Journal of Population Resources and Environment, 2012,10(3):47-53.
- [19] 王露,杨艳昭,封志明,等.基于分县尺度的2020-2030年中国未来人口分布[J].地理研究,2014(2):310-322. [Wang L, Yang Y Z, Feng Z M, et al. Prediction of Chinese population in 2020 and 2030 on county scale[J]. Geographical Research, 2014(2):310-322.]
- [20] 曾永明.中国人口空间分布形态模拟与预测-基于“五普”和“六普”的分县尺度人口密度研究[J].人口与经济, 2016,219(6):48-61. [Zeng Y M. Simulation and projection on the pattern of spatial distribution of Chinese population: research on population densities of county level based on the 5th and 6th Population Census of China[J]. Population & Economics, 2016,219(6):48-61.]
- [21] Geary R. The Contiguity ratio and statistical mapping[J]. The Incorporated Statistician, 1954(5):115-145.
- [22] Getis A, Ord J K.. The analysis of spatial association by use of distance statistics[J]. Geographical Analysis, 1992(24):189-206.
- [23] 高向东.大城市人口分布变动与郊区化研究——以上海为例[M].上海:复旦大学出版社,2003:82-121. [Gao X D. Research on changes of population distribution in the large cities and its suburbanization: A case study of Shanghai[M]. Shanghai: Fudan University Press, 2003:82-121.]
- [24] 张耀军,刘沁,韩雪.北京城市人口空间分布变动研究[J].人口研究,2013,11(6):52-60. [Zhang Y J, Liu Q, Han X. Changes of the spatial distribution of population in Beijing[J]. Population Research, 2013,11(6):52-60.]
- [25] 黎夏,刘小平.基于案例推理的元胞自动机及大区域城市演变模拟[J].地理学报,2007,62(10):1097-1109. [Li X, Liu X P. Case-based cellular automaton for simulating urban development in a large complex region[J]. Acta Geographical Sinica, 2007,62(10):1097-1109.]



- [26] 杨青生,黎夏.多智能体与元胞自动机结合及城市用地扩张模拟[J].地理科学,2007,27(4):542-548. [ Yang Q S, Li Xia. Integration of multi-agent systems with cellular automata for simulating urban land expansion[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2007,27(4):542-548. ]
- [27] 秦贤宏,段学军,李慧,等.基于SD和CA的城镇土地扩展模拟模型——以江苏省南通地区为例[J].地理科学,2009,29(3):439-444. [ Qin X H, Duan X J, Li H. Urban land expansion simulation model based on SD and CA: A case study of Nantong City[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2009,29(3):439-444. ]
- [28] 付晶莹,江东,黄耀欢.中国公里网格人口分布数据集(PopulationGrid\_China)[DB].全球变化科学研究数据出版系统,2014. DOI:10.3974/geodb.2014.01.06.v1. <http://www.geodoi.ac.cn/WebCn/doi.aspx?Id=131>. [ Fu J Y, Jiang D, Huang Y H. 1 km grid population dataset of China (PopulationGrid\_China) [DB], Global Change Research Data Publishing & Repository, 2014. DOI:10.3974/geodb.2014.01.06.v1.<http://www.geodoi.ac.cn/WebCn/doi.aspx?Id=131>. ]
- [29] 黎夏,叶嘉安.约束性单元自动演化CA模型及可持续城市发展形态的模拟[J].地理学报,1999,54(4):1-6. [ Li X, Ye J A. Constrained cellular automata for modeling sustainable urban forms[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1999, 54(4):1-6. ]
- [30] 黎夏,叶嘉安,刘小平,等.地理模拟系统:元胞自动机法与多智能体[M].北京:科学出版社,2007:1-14. [ Li X, Ye J A, Liu X P, et al. Geographical simulation systems: cellular automata and multi-agent[M]. Beijing: Science Press, 2007:1-14. ]
- [31] 吴琼,王如松,李宏卿,等.土地利用/景观生态学研究中的马尔可夫链统计性质分析[J].应用生态学报,2006,17(3):434-437. [ Wu Q, Wang R S, Li H Q, et al. Statistical properties of Markov chain in land use and landscape study[J]. *Chinese Journal of applied ecology*, 2006,17(3):434-437. ]
- [32] Guan D, Li H, Inohae T, et al. Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model[J]. *Ecological Modelling*, 2011,222:3761-3772.
- [33] Kamusoko C, Aniya M, Adi B, et al. Rural sustainability under threat in Zimbabwe: Simulation of future land use/cover changes in the Bindura district based on the Markov-cellular automata model[J]. *Applied Geography*, 2009,29:435-447.
- [34] 汤洁,汪雪格,李昭阳,等.基于CA-Markov模型的吉林省西部土地利用景观格局变化趋势预测[J].吉林大学学报(地球科学版),2010,40(2):405-411. [ Tang J, Wang X G, Li Z Y, et al. The tendency forecast on land use and landscape pattern changes in western Jilin province based on CA-Markov model[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2010,40(2):405-411. ]
- [35] 胡雪丽,徐凌,张树深.基于CA-Markov模型和多目标优化的大连市土地利用格局[J].应用生态学报,2013,24(6):1652-1660. [ Hu X L, Xu L, Zhang S S. Land use patterns of Dalian city, Liaoning province of northeast China based on CA-Markov model and multi-objective optimization[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013,24(6):1652-1660. ]
- [36] 胡小武.人口“就近城镇化”:人口迁移新方向[J].西北人口,2011(1):1-5. [ Hu X W. Neighborhood urbanization strategy and chinese town-urbanization road rethinking [J]. *Northwest population*, 2011(1):1-5. ]
- [37] 李强,陈振华,张莹.就近城镇化与就地城镇化[J].广东社会科学,2015(1):186-199. [ Li Q, Chen Z H, Zhang Y. Nearby urbanization and local urbanization[J]. *Social Sciences in Guangdong*, 2015(1):186-199. ]
- [38] 国务院.京津冀协同发展规划纲要[Z].2015. [ The State Council. The plan for the collaborative development of Beijing, Tianjin and Hebei[Z]. 2015. ]
- [39] 杨成凤,韩会然,张学波.国内外城市功能疏解研究进展[J].人文地理,2016(1):8-15. [ Yang C F, Han H R, Zhang X B. Review on progress of urban function decentralization research[J]. *Human geography*, 2016(1):8-15. ]
- [40] 戚本超,赵勇.首尔人口限制和疏解策略对北京的启示[J].城市发展研究,2007,14(4):83-87. [ Qi B C, Zhao Y. The enlightenment to Beijing brought by the population controlling and redistributing of Seoul[J]. *Urban Studies*, 2007,14(4):83-87. ]
- [41] 姜鹏飞,唐少清.首都人口疏解的制约因素与突破思路——基于国外城市人口疏解的经验[J].河北大学学报(哲学社会科学版),2017(7):150-155. [ Jiang P F, Tang S Q. Restriction factors and breaking ideas of capital population redistribution - based on international reference[J]. *Journal of Hebei University philosophy and Social Science*, 2017(7):150-155. ]
- [42] 陈佳鹏,黄匡时.特大城市的人口调控:东京经验及其启发[J].中国人口·资源与环境,2014(8):57-62. [ Chen J P, Huang K S. Population control in megacities: Tokyo experience and its inspiration[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2014(8):57-62. ]
- [43] Kawaguchi N, Murayama A. Urban planning: Is a networked compact city vision realistic[A]. In: *Labor Forces and Landscape Management*[C]. Singapore: Springer Singapore, 2017:373-380.