

基于大尺度城市模型的 城市居住和就业空间变动研究

——以宜昌市为例

史进

(北京大学城市与环境学院, 北京, 100871)

1 研究背景

改革开放以来,中国城市内部结构的演化,经历了巨大变化。改革开放前浓厚的计划经济色彩逐步淡化,市场机制在塑造城市空间方面逐渐发挥了主导作用。城市土地使用制度和住房制度的市场化改革引发了城市居住与就业空间关系的嬗变。单位体制的瓦解,加剧了城市居民收入和职业的分化^[1],出现了社会极化和空间分异^[2,3]。与此同时,房地产业空前发展,成为城市经济增长的重要引擎,开启了地方政府以土地财政为基础的城市发展模式。

这表明,塑造中国城市居住与就业空间的力量已经发生了深刻的变化。土地利用决策主体更加微观和多元化,土地利用方式趋于混合和弹性。这些变化客观上要求改进传统的规划分析工具,以适应更加精细和弹性的规划决策。随着我国城市规划的基础数据条件不断改善,基于微观模拟的城市系统分析工具有了一定的用武之地。本研究选择宜昌市作为研究区域,尝试采用大尺度城市模型 UrbanSim,分析其居住与就业空间的变动趋势。

2 数据和方法

2.1 数据

本研究以 2010 年为基期,使用不同来源的数据资料建立了宜昌市基础地理数据库。主要数据来源(表 1)包括:

(1) 正式统计数据,包括反映人口信息的《宜昌市第五次人口普查机器汇总资料(2000 年)》和《宜昌市 2010 年第六次全国人口普查快速汇总主要数据资料》,反映就业信息的《宜昌市第二次经济普查资料汇编(2008 年)》和《全部国有及规模以上非国有工业企业数据库(2008 年)》,以及全面反映经济社会发展状况的《宜昌统计年鉴(2011)》;

(2) 典型调查数据,即来自深圳市城市规划设计研究院的宜昌市综合交通调查的居民出行调查;

(3) 空间信息数据,宜昌市规划设计信息咨询中心的宜昌市土地利用现状和土地利用规划图,以及宜昌市国土资源局的基准地价图(住宅、工业和商业),宜昌全市域导航地图和深圳市城市规划设计研究院的宜昌市中心城区交通小区划分图。

表 1 宜昌市基础地理数据库

数据集	数据来源
地块	宜昌全市域导航地图； 宜昌市中心城区交通小区划分图
家庭	宜昌市 2010 年第六次全国人口普查快速汇总主要数据资料； 宜昌市综合交通调查的居民出行调查； 宜昌市第五次人口普查机器汇总资料（2000 年）； 宜昌统计年鉴（2011）； 宜昌市土地利用现状图
就业	宜昌统计年鉴（2011）； 宜昌市第二次经济普查（2008 年）； 全部国有及规模以上非国有工业企业数据库（2008 年）； 宜昌全市域导航地图； 宜昌市土地利用现状图
建筑	家庭数据集和就业数据集； 宜昌市土地利用现状图； 宜昌市土地利用规划图； 宜昌市住宅级别与基准地价图； 宜昌市工业级别与基准地价图； 宜昌市商业级别与基准地价图
交通	宜昌市城市总体规划修编（2011-2030）； 宜昌全市域导航地图

2.2 方法

本文从 2010 年基期的状态出发，利用 UrbanSim 模拟 2011 年至 2015 年宜昌市居住和就业空间的动态变化。

人口控制总量按照《宜昌市城市总体规划（2011-2030 年）（修改）》的预测，市域总人口从 2010 年的 446 万人，达到 2015 年的 480 万人；相应的家庭数如表 2 所示。

表 2 年度家庭控制总量

年	家庭数
2010	1416056
2011	1437607
2012	1459158
2013	1480709
2014	1502260
2015	1523811

2011 年至 2015 年的就业数如表 3 所示。从业人员由 2010 年的 225 万人，达到 2015 年的 249 万人，每年增加约 4.7 万人；非农就业比重由 2010 年的 65%，达到 2015 年的 70%，每年增长 1 个百分点。

表 3 年度就业控制总量

行业编号	行业名称	从业人员					
		2010	2011	2012	2013	2014	2015
4	第一产业	798000	787500	777000	766500	756000	745500
5	化学原料及化学制品制造业	44073	45625	47177	48729	50281	51833
6	一般制造业	589927	606708	623489	640270	657051	673832
7	公共管理与公共服务业	394477	400309	406141	411973	417805	423637
8	商业服务业	310733	330601	350469	370337	390205	410073
9	物流业	95221	110516	125811	141106	156401	171696
10	水利、环境和公共设施管理业	18563	17568	16573	15578	14583	13588
非农就业比重		65%	66%	67%	68%	69%	70%
总计		2250994	2298827	2346660	2394493	2442326	2490159

大尺度城市模型 UrbanSim 对城市的居住与就业空间变动的模拟是通过执行一系列模型来实现的（图 1）。这些模型直接模拟家庭和就业的变动，间接反映开发商和政府在城市房地产市场中的角色。

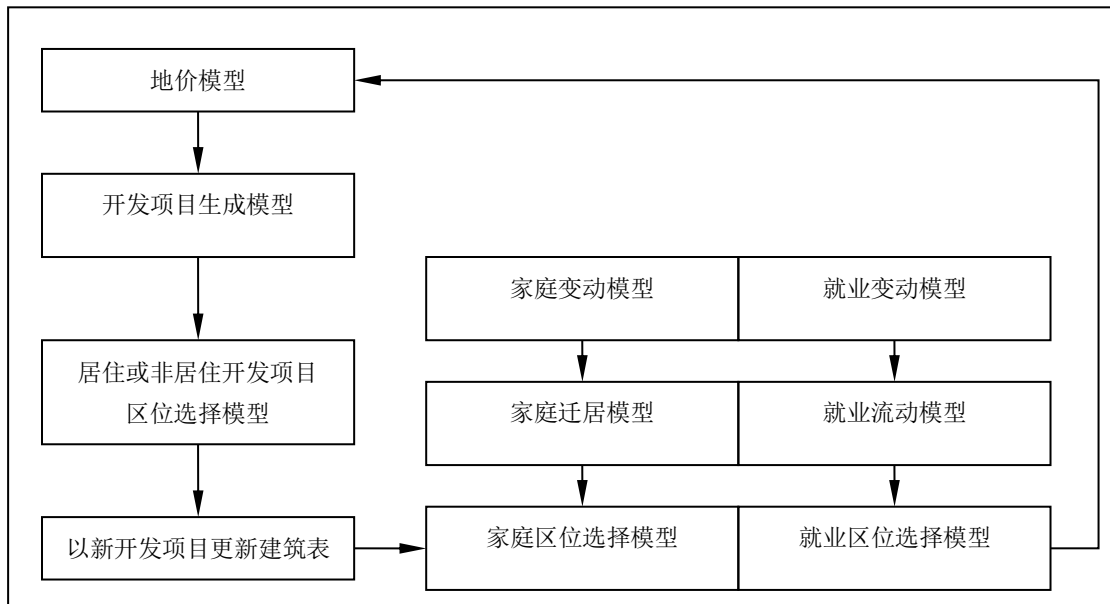


图 1 空间模型的执行流程

3 实证模型的设定与标定

在进行情景模拟之前，需要使用基础地理数据库中的数据对实证模型进行设定和标定。本文的重点是居住与就业空间变动。限于篇幅，这里仅给出家庭区位选择模型和部分行业的就业区位选择模型的标定结果。

3.1 家庭区位选择模型

家庭区位选择是城市居住空间结构的重要塑造力量之一。城市经济学关于单中心城市中家庭区位选择的经典理论认为，家庭区位选择是土地价格和通勤成本之间的权衡取舍^[4, 5]。

近年来，交通可达性（包括工作出行和非工作出行的交通可达性）在家庭区位选择模型中的作用受到了越来越多的关注^[6-8]。

本文在控制地均住房套数、家庭规模和住房面积的条件下，重点考察支付能力、交通成本和就业机会对家庭区位选择的影响。

家庭区位选择模型的因变量 $Utility(h)$ 是某套住房对特定家庭效用，自变量定义见表 4。

表 4 家庭区位选择模型的自变量

影响因素	自变量名称	说明
支付能力	land_value_income_ratio	地价收入比
交通成本	inv_accessibility	从该地块到其他所有地块的最短公路距离之和
制造业的就 业密度	ln_manufactory_job_density_zone	地块内制造业的就业密度
第三产业的 就业密度	ln_tertiary_job_density_zone	地块内第三产业的就业密度
地均住房套 数	ln_residential_units_density_zone	地块居住类建筑中的住房套数与该地块面积之比
家庭规模与 住房面积	ln_persons_sqm_per_unit	家庭规模与住房面积的共同影响

采用宜昌市基础地理数据库的家庭数据集，按 15% 的比例进行随机抽样，得到用于估计模型的样本。在 UrbanSim 平台上使用最大似然法进行模型估计，得到的标定结果如表 5 所示。

表 5 家庭区位选择模型的标定结果

	household
land_value_income_ratio	-16.040***
inv_accessibility	-4.329***
ln_manufactory_job_density_zone	-0.090***
ln_tertiary_job_density_zone	0.003**
ln_residential_units_density_zone	0.565***
ln_persons_sqm_per_unit	-0.248***
Akaike's Information Criterion (AIC)	1155103
Adj. likelihood ratio index	0.202
Number of observations	212702

注：***、**和*分别表示估计结果在 99%、95%和 90%的置信区间下显著。

模型的具体形式如下：

$$Utility(h) = \beta_1 * land_value_income_ratio + \beta_2 * inv_accessibility + \beta_3 * ln_manufactory_job_density_zone + \beta_4 * ln_tertiary_job_density_zone + \beta_5 * ln_residential_units_density_zone + \beta_6 * ln_persons_sqm_per_unit$$

回归结果表明，在家庭区位选择过程中，支付能力和交通成本是住房选择决策中的重要影响因素，地价和收入决定了家庭在选择住房时的支付能力，交通成本综合反映了住房所在区位到达城市各项功能所在地的难易程度。这与城市经济学中关于单中心城市家庭区位选择的理论相符。

就业机会对家庭区位选择的影响要区分制造业和第三产业。家庭倾向于远离制造业就业密度高的区位以避免生产活动造成的各种负外部性，接近第三产业就业密度高的区位以获得更好的生活配套服务。

3.2 化工业就业区位选择模型

化工业就业区位选择的理论基础是 Weber 的工业区位论^[9]。Weber 把影响工业区位的因素分为区域因素和位置因素。区位因素主要是运输成本（运费）和劳动成本（工资），而位置因素包括集聚因素和分散因素。

本文在控制化工厂房的条件下，重点考察集聚因素和运输成本对化工业就业区位选择的影响。同行业就业密度反映的是集聚经济中的地方化经济。港口吞吐量反映的是港口所在地块的货运便利性，属于运输成本因素。

模型的因变量 $Utility(Chem)$ 是某区位对特定化工业就业岗位的效用，自变量定义见表 6。

表 6 化工业就业区位选择模型的自变量

影响因素	自变量名称	说明
化工业的就 业密度	$\ln_chem_job_density_zone$	地块内化工业的就业密度
港口新增普 货吞吐量	$harbor_capacity_added$	地块内的港口在“十一五”期间新增的普货吞吐能力
化工厂房	$is_chem_industry$	是否化工厂房

采用宜昌市基础地理数据库的就业数据集，按 15% 的比例进行随机抽样，得到用于估计模型的样本。在 UrbanSim 平台上使用最大似然法进行模型估计，得到的标定结果如表 7 所示。最终选择方程 2-1 作为实证模型。

表 7 化工业就业区位选择模型的标定结果

	2-1	2-2	2-3
$\ln_chem_job_density_zone$	0.097***		0.088***
$harbor_capacity_added$		0.069***	0.069***
$is_chem_industry$	9.179***	1.675***	8.781***
Akaike's Information Criterion (AIC)	8754.908	8849.703	8776.783
Adj. likelihood ratio index	0.807	0.805	0.807
Number of observations	6665	6665	6665

注：***、**和*分别表示估计结果在 99%、95%和 90%的置信区间下显著。

模型的具体形式如下：

$$Utility(Chem) = \beta_1 * \ln_chem_job_density_zone + \beta_2 * is_chem_industry$$

回归结果表明，在化工业就业区位选择过程中，集聚因素和运输成本是化工业就业区位决策中的重要影响因素。同行业就业密度体现出地方化经济的强弱，反映了集聚因素的影响；物流的便利性体现出港口作为重大交通基础设施对化工业就业的引导和支撑作用，反映了运输成本因素的影响。

3.3 商业服务业就业区位选择模型

商业服务业是直接为消费者服务的行业，影响其区位选择的因素主要包括市场因素、交通因素和竞争因素。

本文在控制商业服务业建筑的条件下，重点考察市场因素和交通因素对商业服务业就业

区位选择的影响。

模型的因变量 $Utility(Commercial)$ 是某区位对特定商业服务业就业岗位的效用，自变量定义见表 8。

表 8 商业服务业就业区位选择模型的自变量

影响因素	自变量名称	说明
居民人数	ln_pop_zone	地块内的居民人数
家庭收入	ln_avg_hh_income_zonal	居住类建筑中家庭的平均月收入
交通成本	inv_accessibility	从该地块到其他所有地块的最短公路距离之和
商业服务业建筑	is_commercial	是否商业服务业建筑

采用宜昌市基础地理数据库的就业数据集，按 15% 的比例进行随机抽样，得到用于估计模型的样本。在 UrbanSim 平台上使用最大似然法进行模型估计，得到的标定结果如表 9 所示。

表 9 商业服务业就业区位选择模型的标定结果

	Commercial
ln_pop_zone	0.472***
ln_avg_hh_income_zonal	0.198***
inv_accessibility	-2.413***
is_commercial	6.565***
Akaike's Information Criterion (AIC)	179234.483
Adj. likelihood ration index	0.436
Number of observations	46711

注：***、**和*分别表示估计结果在 99%、95%和 90%的置信区间下显著。

模型的具体形式如下：

$$\begin{aligned} Utility(Commercial) = & \beta_1 * ln_pop_zone \\ & + \beta_2 * ln_avg_hh_income_zonal \\ & + \beta_3 * inv_accessibility + \beta_4 * is_commercial \end{aligned}$$

回归结果表明，在商业服务业就业区位选择过程中，市场因素和交通因素是商业服务业就业区位决策中的重要影响因素。消费者人数和收入的空间分布反映了市场因素的影响，商业服务业倾向于选择消费者人数多和收入高的区位；公路可达性反映了交通因素的影响，商业服务业倾向于选择交通成本低的区位。

4 研究结果

在 UrbanSim 城市模拟平台上，利用宜昌市 2010 年基础地理数据库，根据空间模型的设计以及实证模型的设定，从基准情景出发，执行一系列空间模型，对宜昌市 2011 年至 2015 年的居住与就业空间进行模拟。宜昌市 2010 年和 2015 年的总人口与总就业的空间分布和空间变动如图 2 所示。

总体而言，宜昌市的人口和就业集中在宜昌市长江经济带以及外围市县的行政中心所在的街道或镇。2010 年至 2015 年的新增人口和新增就业高度集中在长江经济带，强化了沿江集聚的分布格局，而减少的就业反映的是西部市县的产业结构升级，即第一产业从业人员数的逐步下降。

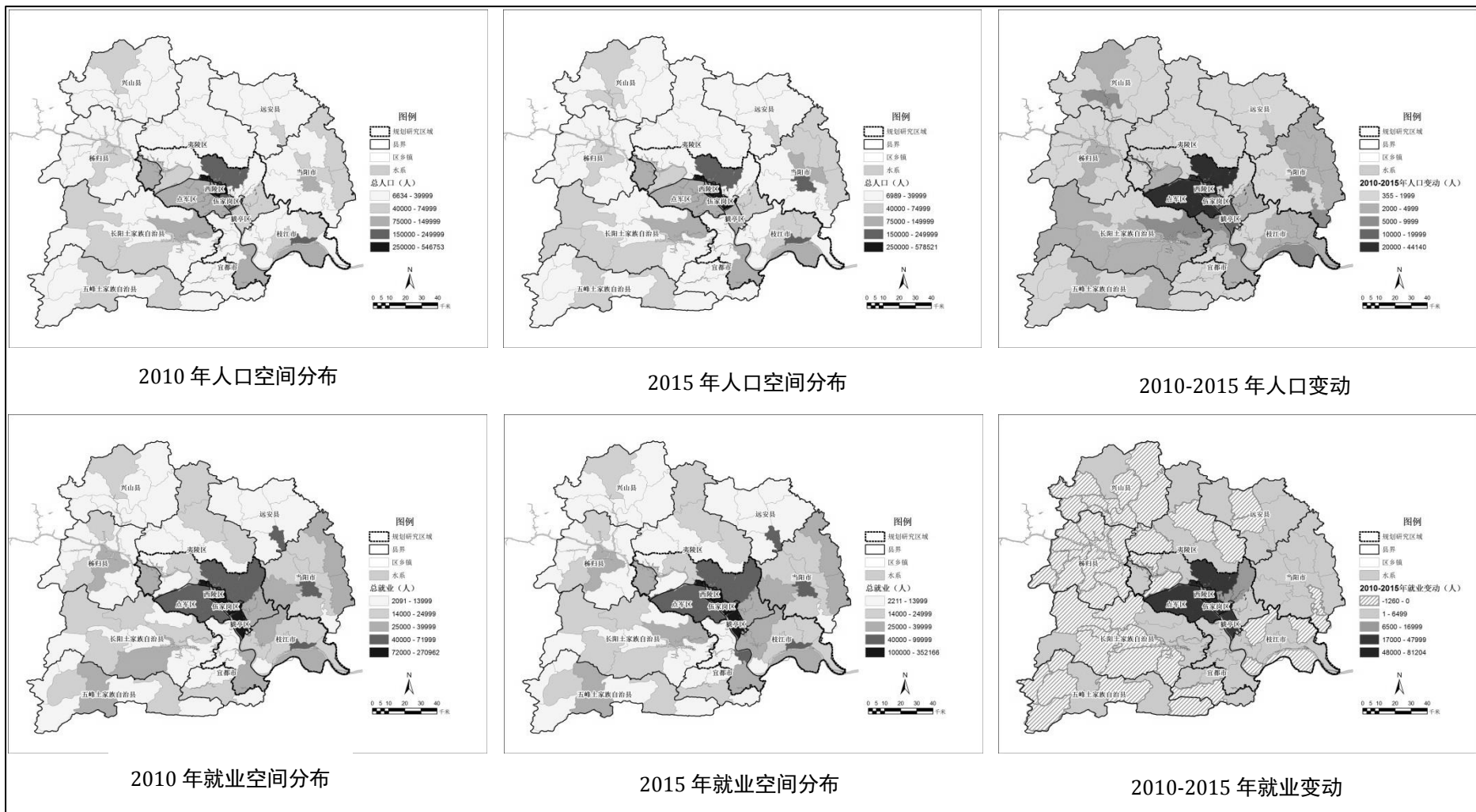


图 2 宜昌市居住和就业空间变动 (2010-2015)

4.1 人口和就业共同向沿江重点城镇化区域集聚

人口和就业向沿江重点城镇化区域集聚的趋势明显。从表 10 可以发现，从 2010 年到 2015 年，规划研究区域的人口比重提高了 0.6 个百分点，而中心城交通小区的人口比重提高了 1.4 个百分点；规划研究区域的就业比重提高了 3.6 个百分点，而中心城交通小区的就业比重提高了 4.8 个百分点。

表 10 宜昌市不同空间层次的人口与就业空间变动

空间层次划分	人口				就业			
	2010 年		2015 年		2010 年		2015 年	
	万	%	万	%	万	%	万	%
中心城交通小区	113	25.3	128	26.7	86	38.2	107	43.0
规划研究区域	228	51.1	248	51.7	131	58.2	154	61.8
全市域	446	100.0	480	100.0	225	100.0	249	100.0

值得注意的是，本研究的家庭和就业区位选择模型的标定结果，形成了居住空间和就业空间的耦合机制（图 3）。家庭区位选择模型中的影响因素里有就业机会，而就业区位选择模型中的影响因素里有居民人数和家庭收入。换言之，家庭区位选择的决策过程会受到就业空间的影响，而就业区位选择的决策过程会受到居住空间的影响。因此，居住和就业空间的耦合机制在宜昌市空间模型中从微观个体层面得以实现，并在宏观汇总层面表现出来。

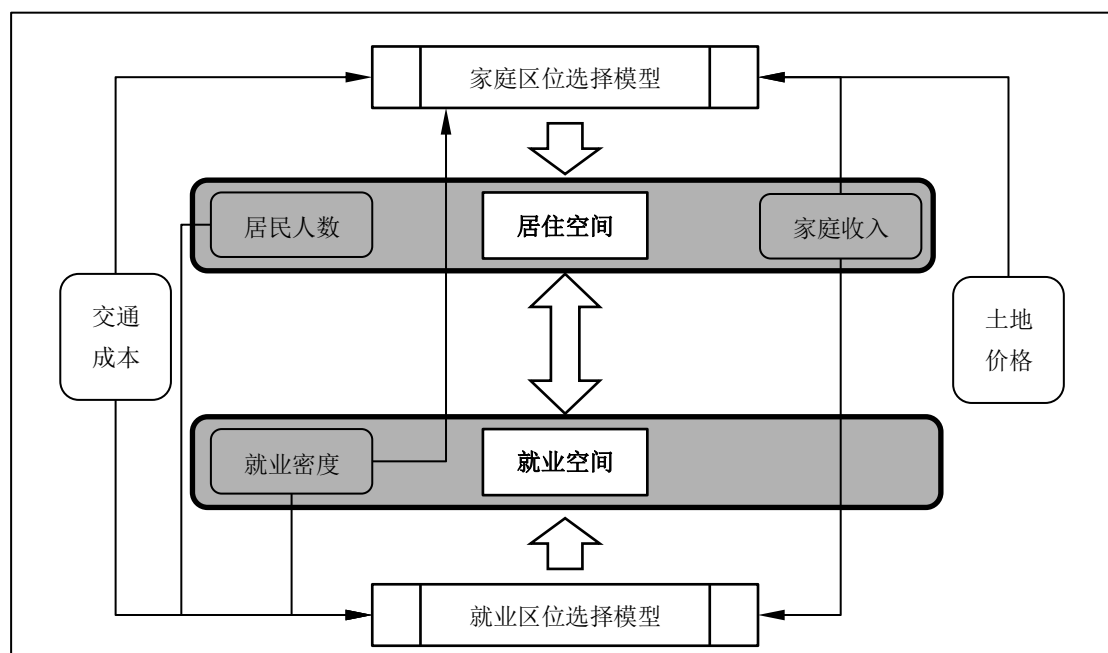


图 3 宜昌市居住空间与就业空间的耦合机制

4.2 化工业在港口引导下进一步沿江集聚

化工业沿江集聚的趋势进一步加强。2010 年和 2015 年，化工业主要集中在宜昌市中心城的西陵区、伍家岗区、猗亭区和点军区、夷陵区的小溪塔街道、宜都市的枝城镇、以及枝江市的仙女镇和七星台镇，呈现沿江布局的特征。从 2010 年到 2015 年，化工业的新增就业同样在这些化工业集中的沿江地区，且化工业就业集中度从 2010 年的 64.5%，提高到 2015

年的 65.2%，现有的就业中心得到进一步的强化（图 4）。

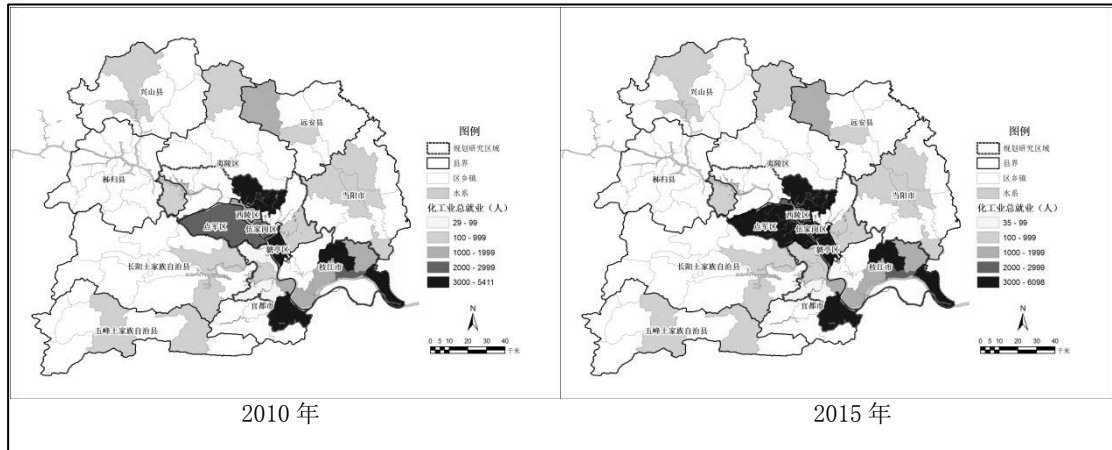


图 4 宜昌市全市域化工业就业空间分布

4.3 原有商业服务业中心得以加强，新的商业服务业中心开始形成

在原有的商业服务业中心得以加强的同时，新的商业服务业中心开始形成。西陵区作为宜昌市的老城区，具有多个传统商业服务业中心（图 5 左）。从 2010 年到 2015 年，以西陵广场为首的原有商业服务业中心进一步发展壮大；与此同时，在伍家岗区、猗亭区和点军区，新的商业服务业中心开始形成（图 5 右）。

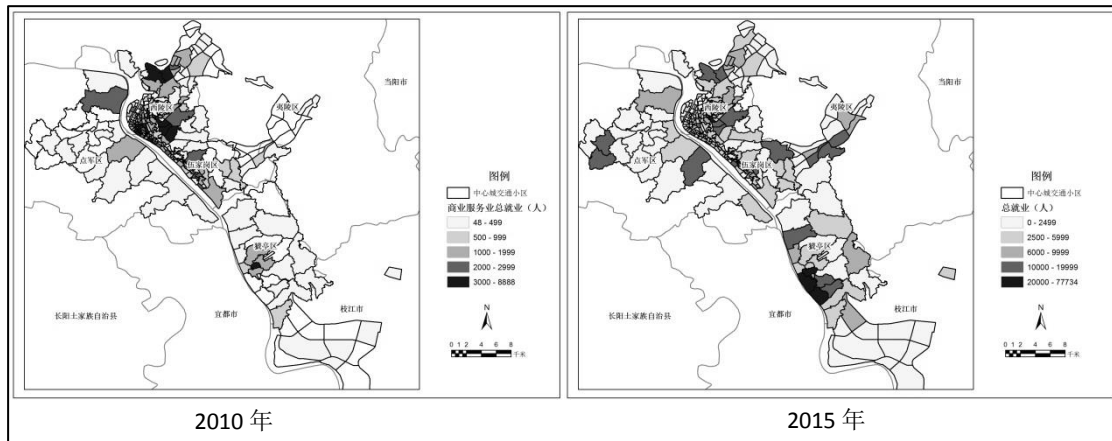


图 5 宜昌市中心城交通小区商业服务业就业空间分布

5 结论与讨论

本文以宜昌市为例，运用大尺度城市模型 UrbanSim，开展了宜昌市居住和就业空间变动研究。主要结论如下：

- (1) 从微观个体的决策角度，验证了住房选择理论、工业区位论和商业区位论。
- (2) 从基准情景出发，模拟了宜昌市居住空间和就业空间的变动。从 2010 年到 2015 年，宜昌市的人口和就业共同向沿江重点城镇化区域集聚，化工业在港口引导下进一步沿江

集聚，原有商业服务业中心得以加强，新的商业服务业中心开始形成。

(3) 通过家庭和就业区位选择模型的标定，实现了宜昌市的居住空间与就业空间的耦合机制。

本文的研究可以从以下几个方面进一步深化：

(1) 以基准情景为标杆，通过若干比较情景的设计，反映政府规划对居住和就业空间的引导作用。

(2) 开展实地验证与检核。将模拟结果与实际情况进行对比，来检验模型的准确性。

(3) 在宜昌市空间模型这个案例工作的基础上，建立能在全中国大多数中等城市适用的大尺度城市模型研究规范。

参考文献：

- [1] 陆学艺. 当代中国社会阶层研究报告[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2002.
- [2] 顾朝林, 克斯特洛德 C. 北京社会极化与空间分异研究[J]. 地理学报, 1997, 56(1): 385-393.
- [3] 吴启焰, 未喜钢. 城市空间结构研究的回顾与展望[J]. 地理学与国土研究, 2001, 17(2): 46-50.
- [4] Alonso W. Location and Land Use[M]. Cambridge, MA: Havard University Press, 1964.
- [5] Muth R.F. Cities and housing[M]. Chicago: University of Chicago Press, 1969.
- [6] Ben-Akiva M., Bowman J.L. Integration of an activity-based model system and a residential location model[J]. Urban Studies, 1998, 35(7): 1131-1153.
- [7] Chen J., Chen C., Timmermans H.J.P. Accessibility Trade-Offs in Household Residential Location Decisions[J]. Transportation Research Record, 2008(2077): 71-79.
- [8] Lee B.H.Y., Waddell P., Wang L. *et al.* Reexamining the influence of work and nonwork accessibility on residential location choices with a microanalytic framework[J]. Environment and Planning A, 2010, 42(4): 913-930.
- [9] Weber A. Theory of the Location of Industries[M]. Chicago: The University of Chicago Press, 1929.