

# 城市家庭居住地选址的空间异质性分析 ——以美国佛罗里达州橙县为例

宇林军<sup>1,2</sup>, 孙丹峰<sup>2</sup>, 彭仲仁<sup>3</sup>, 张健<sup>4</sup>

(1. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193;

3. 美国佛罗里达大学区域与城市规划系, 美国盖恩斯威尔 32611-5706; 4. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

**摘要:** 家庭选择居住地的行为天然具有空间性, 因而空间异质性效应是家庭居住地选址建模不可忽视的因素。传统的居住地选址模型基于空间一致性假设, 即假设影响因素对家庭的居住地选择行为的影响在空间上一致, 因而忽略了空间异质性效应。基于多项Logit模型构建了居住地选址模型, 并在两个空间尺度和5个子区域中分别应用该模型, 来反映影响因素的影响作用在空间上的变化。以美国佛罗里达州橙县家庭选址为例进行实证研究, 结果表明: 家庭居住地选址行为的影响因素在不同的空间位置和空间尺度上具有不同的作用, 因而存在显著的空间异质性。尽管以美国地区为例, 但所得结论对国内案例区研究同样具有借鉴意义。

**关键词:** 空间效应; 空间同质性; 空间异质性; 家庭居住地选址; 多项Logit模型; 美国佛罗里达州

## 1 引言

居住用地是城市的主要用地类型之一。全球超过1/2的人口居住在城市<sup>[1-2]</sup>, 约2/3的城市用地为居住用地<sup>[1,3-4]</sup>。大量研究从不同角度探究家庭居住地选址行为与其影响因素间的关系<sup>[5-10]</sup>。基于离散选择理论的研究是其中一个重要分支, 其优势在于可以表达家庭对区位各种属性(如房价、可达性及周边环境等)的取舍和敏感度<sup>[11]</sup>。多种类型的离散选择模型已应用于家庭居住地选址建模。多项logit(Multinomial logit, MNL)模型具有古朴典雅的封闭式的数学结构, 易于参数估计<sup>[12-13]</sup>, 因而常被应用于居住地地选址研究<sup>[14-16]</sup>。

家庭居住地选择行为本质是空间的<sup>[17]</sup>, 因此空间效应是家庭居住地选址建模需要考虑的一个重要因素。空间效应分为空间依赖性(空间相关性)与空间异质性两方面。空间依赖是指临近事物间的相关性和相似性<sup>[18]</sup>。如Tobler的空间第一定律所述: “任何事物之间均相关, 较近事物比较远的事物相关性高<sup>[19]</sup>”。空间异质性则指事物在空间中的每个位置具有一定程度的内在独特性<sup>[20-21]</sup>。

近年来, 居住地选址中的空间效应已引起研究者的关注。但在离散选择模型中描述、定义及度量

空间依赖及空间相互作用具有固有的复杂性<sup>[17]</sup>。由于传统的多项Logit模型基于非相关选择方案相互独立性(Independence of irrelevant alternatives, IIA)假设, 因此放宽了IIA假设的更为复杂的Logit模型被用于处理位置间的空间相关性。Kazuaki等在传统的Logit模型的确定项和误差项中分别添加了一个自回归表达式, 建立了一个混合Logit模型来表达空间自相关性效应<sup>[22]</sup>。Bhat等建立了一个混合空间相关Logit模型来解决邻接位置间的空间自相关性<sup>[3]</sup>。Sener等将Bhat等的模型扩展为一个能描述所有位置间相关性的一般的形式, 即广义空间相关性Logit模型<sup>[17]</sup>。

空间效应的第二个方面(空间异质性)还未在已有的居住地选址研究中得到很好的表达。家庭居住地选址中的空间异质性可分为基于空间位置的空间异质性和基于空间尺度的空间异质性, 即影响因素对家庭选址行为的影响作用随空间位置和空间尺度变化。例如, 在一个给定的地区, 可达性可能是影响家庭选址的主要因素。但在其他地区, 周边环境也许更为重要。类似地, 影响因素的作用在不同的空间尺度中变化。其中, 不同空间尺度下的数据聚合过程中的信息流失是一个主要原因。Guo等使用了一个多尺度的Logit模型来解决空间尺度

收稿日期: 2012-01; 修订日期: 2012-03。

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(41130526)。

作者简介: 宇林军(1981-), 男, 博士, 主要从事基于3D GIS技术的土地利用和城市发展研究。E-mail: yulinjun81@gmail.com

通讯作者: 孙丹峰(1971-), 男, 博士生导师, 教授, 主要研究方向为土地系统分析理论与方法。E-mail: sundf@cau.edu.cn

中的信息流失问题,决策者选择某一选择方案所获得效用由基于3个空间尺度(人口普查街区(Census block)、人口普查街区组(Census block group, CBG)、人口普查区(Census tract))的变量计算获得<sup>[4]</sup>。

局部化思想是解决空间异质性的一种常用方法。其中,地理加权回归模型(Geographically weighted regression, GWR)是一个揭示线性关系中参数空间变化的一个有效方法<sup>[23-24]</sup>。由于考虑到了空间异质性效应,地理加权回归模型较传统的线性回归模型具有更强的数据解释能力<sup>[24]</sup>,更小的空间依赖性误差<sup>[25]</sup>以及模型参数空间变化的可视化表达<sup>[21]</sup>。与GWR模型类似,地理加权的多项Logit模型使用局部地理加权回归过程,将传统的多项logit模型扩展为地理加权的形式。McMillen等使用地理加权的多项Logit模型分析了交通可达性对土地混合利用的影响<sup>[26]</sup>。Luo等将地理加权多项Logit模型用于分析城市扩张中的土地利用转化(如从农用地到城市用地)的空间变化<sup>[27]</sup>。Tanaka等使用了一个地理加权的条件logit模型来探究人们对于增加公园犬用设施的边际支付意愿的空间变化<sup>[28]</sup>。与地理加权回归模型一样,地理加权多项Logit模型允许不同位置拥有局部化的模型参数,从而能够反映局部特征。由于在估计过程中赋予了距估计位置近的观察值较大的权重,地理加权多项Logit模型在离散选择模型中表达了Tobler的地理学第一定律,即邻近的决策者具有更相似的行为。然而,在家庭居住地选址中,尽管空间上邻近的家庭可能具有更相似的位置偏好(相似性),但由于缺少选择者(家庭)的原居住位置数据,因而无法将地理加权多项logit模型直接应用于家庭居住地选址的建模。基于局部化思想,在不同尺度下和不同区域中构建局部化模型,是目前研究家庭居住地选址中空间异质性效应的一种可行方法。

## 2 基于多项Logit模型的家庭居住地选址模型

假设家庭 $h$ 从位置选项方案集合 $L_n$ 中选择位置 $i$ 效用为:

$$U_{hi} = V_{hi} + \varepsilon_{hi} \quad (1)$$

式中: $V_{hi}$ 为家庭 $h$ 选位置 $i$ 时,由被研究者观察到的因素所决定的效用; $\varepsilon_{hi}$ 为家庭 $h$ 选择位置 $i$ 所获得效用的未知项。根据效用最大化理论,家庭 $h$ 选

择位置 $i$ 的概率为:

$$\begin{aligned} p_{hi} &= \text{Pr ob}(U_{hi} > U_{hj}; i \neq j, j \in L_n) \\ &= \text{Pr ob}(V_{hi} + \varepsilon_{hi} > V_{hj} + \varepsilon_{hj}; i \neq j, j \in L_n) \end{aligned} \quad (2)$$

当 $\varepsilon_{hj}(j=1, 2, \dots, J_n)$ 服从具有同一参数的、独立的二重指数分布时,家庭 $h$ 从位置选项方案集合 $L_n$ 中选择位置 $i$ 的概率为:

$$p_{hi} = \frac{e^{V_{hi}}}{\sum_{j \in L_n} e^{V_{hj}}} \quad (3)$$

$V_{hj}$ 通常采用线性效用函数形式:

$$V_{hj} = x_{hj} \beta_j \quad (4)$$

式中: $x_{hj}$ 为依赖于选择者(家庭 $h$ )或选择方案(位置 $j$ )属性的变量向量; $\beta_j$ 为选择方案 $j$ 对应的系数向量。参数系数通常采用最大似然法估计。对

数似然函数为:  $\log L = \sum_{h=1}^N \sum_{j=1}^{L_n} d_{hj} \log p_{hj}$  (5)

式中: $d_{hj}$ 为观察值;其中,当家庭 $h$ 选择位置 $j$ 时, $d_{hj} = 1$ ,否则, $d_{hj} = 0$ ;  $N$ 为所观察到的全部家庭的总数。多项Logit模型允许不同方案的效用函数由不同的变量向量( $x_{hj}$ )及系数向量( $\beta_j$ )构成。但在家庭居住地选址模型中,由于位置选择方案数量通常很大,因而无法为每个位置方案对应一个唯一的效用函数,因此条件Logit模型(假设所有选择方案具有相同效用函数)常用于家庭居住地选址建模,其中每个家庭的位置选择方案集合通常由全部位置方案中随机选取的一部分构成。如Zhou等的研究中,每个家庭的选择方案集合由随机选择的50个位置构成<sup>[29]</sup>。

传统的全局性家庭居住地选址模型建立在单一地理尺度下,假设影响因素对家庭位置偏好的影响在不同位置上保持一致,因而忽略了空间异质性效应的影响。本研究基于局部化思想,通过在不同区域和不同尺度中应用基于传统的多项logit模型的家庭居住地模型,来探究家庭居住地选址中的基于空间位置和空间尺度的空间异质性。

## 3 案例研究

### 3.1 研究背景与研究区域

城市家庭的居住地决策行为是城市空间组织结构形成的直接原因之一,影响着城市居民生活方式及出行方式。因此,家庭居住地选址模型是城市交通与土地利用一体化模型中的一个重要组成部

分。由于家庭的居住地选址行为本身具有空间性,因此空间异质性是家庭居住地选址建模中需要考虑的一个重要因素。特别是在土地利用与交通微观模拟中,家庭居住地选址模型对空间异质性更为敏感。本文正是在此背景下,通过局部化模型探究家庭居住地选址中的空间异质性,为未来构建土地利用与交通一体化微观模拟模型提供支持。

本研究以美国佛罗里达州橙县为研究区(图1)。橙县位于佛罗里达州中部,以奥兰多市(Orlando)为中心,介于杰克逊维尔(Jacksonville)与迈阿密(Miami)两大城市之间,由6个行政区构成(行政区1-6)。橙县是奥兰多地区的交通枢纽,分布有机场、高速公路、公共交通、铁路等。东西向的4号州际高速公路和南北向的佛罗里达州收费高速公路交汇于此。联邦、州及本地政府机构,大量的国际贸易及区域商业、文化、体育机构都在此设有办事处。该地区发展迅速,2000-2010年人口增长超过了28%,其中增长最快的地区超过了56%<sup>[30]</sup>。

### 3.2 数据及考虑的变量

家庭数据通过 Xin 等开发的工具基于2000年人口普查数据获得<sup>[31]</sup>。土地利用数据、人口统计数据 and 交通网络数据来自佛罗里达州地理数据图书馆(Florida Geographic Data Library, FGDL)。学校

评价数据来自于佛罗里达州教育厅(Florida Department of Education)的学校绩效报告(School Accountability Report)。基于所收集到的数据,所考虑的变量分为5类:

#### (1) 区域大小,社会经济及人口特征

区域的大小,社会经济及人口特征表征了区域对家庭的吸引力。衡量区域社会经济和人口特征的变量包括区域面积(km<sup>2</sup>),总人口密度(人/km<sup>2</sup>),种族人口密度(种族人口/km<sup>2</sup>)和各个行业的就业密度(行业员工数/km<sup>2</sup>)。人口种族类型分为4类:白人,黑人,亚洲人和其他。就业密度变量包括工业就业密度,服务业就业密度,机构及公共管理就业密度。

#### (2) 区域住宅与区域家庭特征

区域住宅属性及区域家庭特征是决定每个区域家庭居住环境的两组属性。区域住宅变量包括住宅单位密度(住宅单位数/km<sup>2</sup>)、自有房屋比率、出租房屋比率、区域平均房价和房屋的平均房间数。家庭特征与区域特征交互变量反映了家庭对区域属性的敏感度,包括收入不一致性(家庭收入与区域平均家庭收入的绝对差)、家庭规模不一致性(家庭规模与区域平均家庭规模的绝对差)和种族人口密度交互变量(家庭种族二元变量与区域种族人口密度之积)。

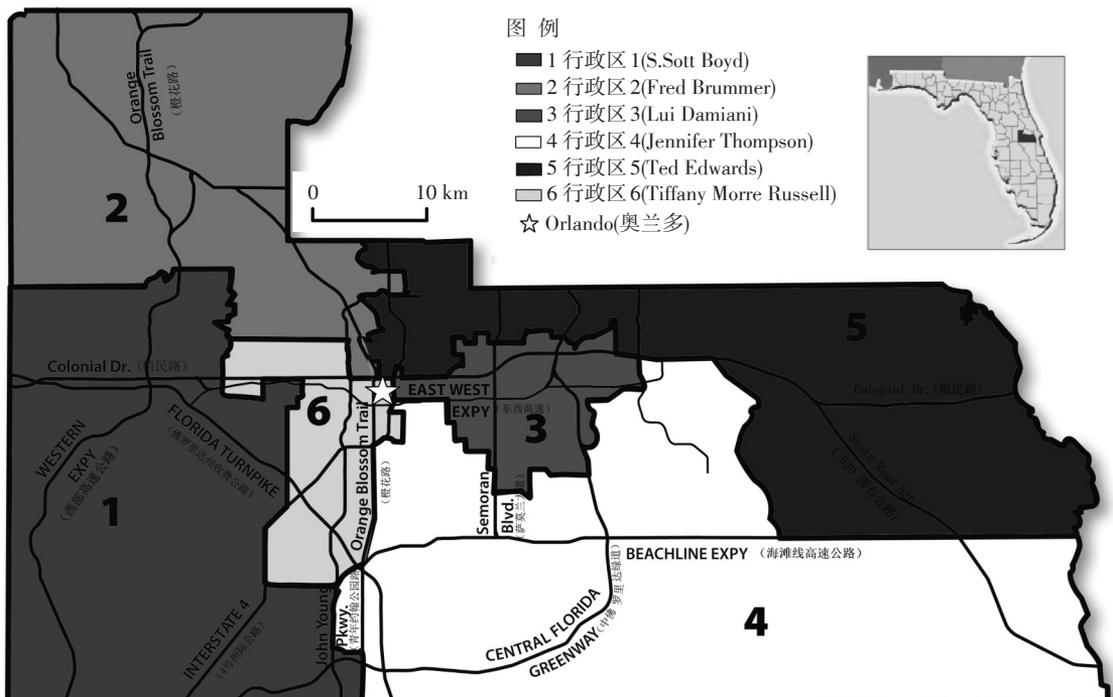


图1 研究区域示意图

Fig.1 The study area

### (3) 区域学校水平

区域学校水平特征包括区域学校数量和区域学校学质量两个方面。佛罗里达州的学校绩效评级系统(Florida school accountability rating system, ARS)将学校分为6个等级(A-F)。学校质量由学校等级指数来度量:

$$SR_i = \begin{cases} 1 & \text{学校等级} = D, E, F \\ 2 & \text{学校等级} = C \\ 3 & \text{学校等级} = B \\ 4 & \text{学校等级} = A \end{cases} \quad (6)$$

式中:  $SR_i$  为学校  $i$  的等级指数。

区域的学校质量指数由区域内最大学校等级指数定义:

$$ZSR_j = \begin{cases} \max(SR_1, \dots, SR_n) & \text{if } n \geq 1 \\ 0 & \text{o t h e r w i s e} \end{cases} \quad (7)$$

式中:  $ZSR_j$  为区域  $j$  的学校质量指数;  $SR_i$  为在区域  $j$  内的学校  $i$  的学校等级指数;  $n$  为区域  $j$  内全部学校数量。

### (4) 区域土地利用结构

研究区土地利用分为7类,包括住宅用地、商业用地、工业用地、教育/服务用地、水域、公园用地及其他用地。区域土地利用结构由土地利用类型覆盖率(所占比率)和土地利用混合指数表示。区域土地利用混合指数为<sup>[3]</sup>:

$$MIX_s = 1 - \left( \left| \frac{R_s}{T_s} - \frac{1}{4} \right| + \left| \frac{C_s}{T_s} - \frac{1}{4} \right| + \left| \frac{I_s}{T_s} - \frac{1}{4} \right| + \left| \frac{O_s}{T_s} - \frac{1}{4} \right| \right) / 1.5 \quad (8)$$

式中:  $T_s$  为区域  $S$  的总面积;  $R_s$ 、 $C_s$ 、 $I_s$ 、 $O_s$  分别为区域  $S$  中住宅、商业、工业及其他土地利用类型的面积;  $MIX_s$  为区域土地利用混合指数,取值范围为0~1,  $MIX_s=0$ ,表示区域  $S$  的土地利用类型构成均衡,  $MIX_s=1$ ,表示区域  $S$  完全由单一类型土地所覆盖<sup>[3]</sup>。

### (5) 区域交通服务水平特征

交通设施丰富度指标及可达性指标用于表征区域的交通服务水平。交通设施丰富度指标包括高速公路密度、主干道密度和公交线路密度。区域可达性指标定义为距离加权的就业机会:

$$A_{it} = \sum_{j, j \neq i}^J \frac{P_{jt}}{d_{ij}} + \frac{P_{it}}{c_i} \quad (9)$$

式中:  $t$  为可达性类型,如商业就业可达性及工业就业可达性等;  $A_{it}$  为区域  $i$  的  $t$  类型就业机会可达性;  $P_{jt}$  为区域  $j$  的  $t$  类型就业人口数量;  $d_{ij}$  为区域  $i$  与  $j$  的距离;  $c_i$  为区域边界多边形外接圆半径。

## 3.3 研究尺度及模型

本文在CBG和CBG集合两个空间尺度下对家庭居住地选址的空间异质性进行分析。CBG是由美国人口调查局定义的一个地理单元,是美国人口调查局公布抽样资料最小地理单元。由于家庭数据采样与统计的最小单位是CBG,因此本文将CBG作为家庭居住地选址分析的最小尺度。另一个较大的空间尺度由研究区内的CBG根据其属性通过空间聚类的方法获得。

研究区由369个CBG构成。本研究使用ArcInfor的热区分析工具,基于Getis-Ord  $G_i^*$ 统计分析方法<sup>[32]</sup>将研究区域内的CBG归类为5个集合。由于区域的平均收入是家庭居住地选择结果的一个主要特征,因此将区域的平均收入作为归类方法中的非空间属性参数。结果如图2所示,家庭平均收入呈明显的集聚分布模式。

基于此研究区划分,在CBG和CBG集合两个尺度下分别应用7个模型描述家庭的居住地选择行为。CBG集合尺度包括一个多项logit模型,位置选项为5个子区域(CBG集合)。CBG尺度包括一个全局性模型和5个子区域模型,均为条件logit模型。CBG尺度的全局性模型的位置选项由一个家庭实际选择的位置(CBG)和49个从全部CBG中随机选择的位置(CBG)构成。CBG尺度的5个子区域模型分别用以描述家庭在子区域内的选择行为,即在选择一个CBG集合的条件下,在选定的CBG集合内选择一个具体的CBG。类似地,子区域模型的位置方案集由家庭已选择的CBG和49个该子区域内的随机选择的CBG构成。当子区域内的CBG个数小于50时,子区域模型的位置选项集由该子区域内的所有CBG集组成。在本文中,由于5个子区域模型分别描述了家庭在选择某个子区域(CBG集合)的条件下,在该子区域中选择某一个具体的位置(CBG),因此这5个子区域模型间相互独立。

## 4 结果与讨论

表1为CBG集合尺度模型的估计结果,其中位置选择方案0(CBG集合0)为参考方案,其对应的系数向量标准化为0。由表1可以看出,区域属性(如社会经济人口属性、土地利用结构、学校水平特征及区域可达性)为CBG集合尺度上影响家庭居住地选择行为的主要因素。总体来说,变量的系数对不

同的位置选择方案(CBG集合)具有相同的符号,但取值不同,说明影响因素对家庭位置偏好的影响作用在空间中方向一致,但影响程度存在空间变化。人口密度变量的系数为正,说明家庭趋于高人口密度地区。Bhat等认为此种现象的可能的原因是由于高人口密度地区具有好的住宅可达性,或者由于人口集聚效应<sup>[3]</sup>。黑人人口密度变量的系数为负,说明具有较小黑人人口密度的区域更具吸引力。可能的原因是由于黑人人口聚集区通常拥有相对较差的居住环境。双亲家庭比率变量的系数为正,说明家庭更喜欢选择双亲家庭比率高的区域。工业就业密度变量的系数为负,说明家庭选择居住地时尽量避免选择高工业就业密度的地区。黑人人口密度交互变量的系数为正,说明黑人趋向于选择黑人聚集区。学校数量变量及学校质量变量的系数为正,说明具有更高的教育质量的地区更有吸引力。在土地利用结构变量中,只有水域百分比(水域所占整个区域比例)变量显著。结果显示,一个区域被选择的概率随着其水域覆盖率提高而减小。区域可达性度量了邻里环境对家庭位置选择的影响。表1的结果表明居住地通常具有较小的工业就业可达性及较大的商业可达性。

表2显示了CBG尺度上各子区域模型及全局模型的估计结果。结果表明,在CBG集尺度上,家庭与区域交互作用变量为主要解释变量。种族人口密度交互变量(区域种族人口密度与家庭主种族类型之积)的系数为正,说明家庭倾向于选择同种族人口较多的地区,人们更愿意与具有同一种族背景的人居住在一起。Bhat等认为不同种族对区域属性具有不同偏好,住宅市场中的种族偏好造成了同种族集聚分布模式<sup>[3]</sup>。种族集聚效应在子区域间存在显著变化。例如,黑人人口密度交互变量在子区域(CBG集合)0和2中显著,但在其他子区域中不显著。可能的原因是子区域0和2较子区域1、3、

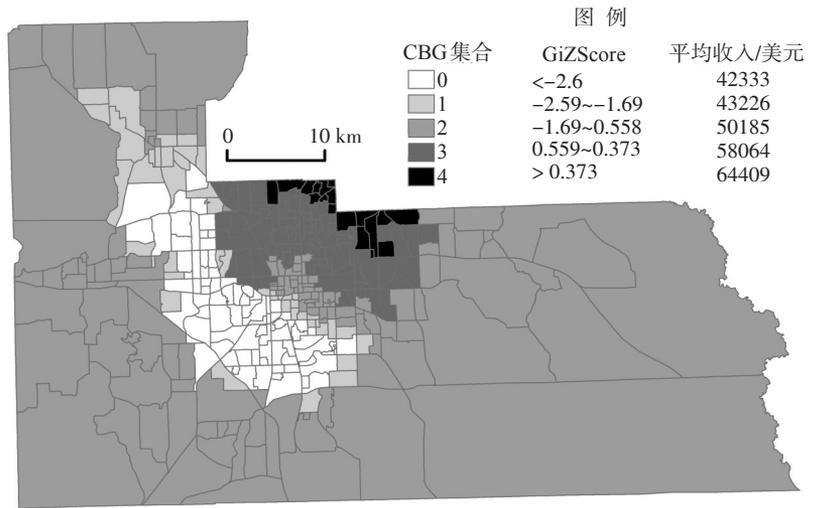


图2 研究区域划分

Fig.2 The division of the study area

表1 CBG集合尺度模型估计结果

Tab.1 Estimation results of the model at the census block group set level

变量名称	方案1(CBG 1)		方案2 (CBG 2)		方案3 (CBG 3)		方案4 (CBG 4)	
	系数	T值	系数	T值	系数	T值	系数	T值
常数项	12.6687	-19.79	14.4148	-23.18	14.0048	-21.88	11.4873	12.60
人口密度	0.0002	-5.15	0.0002	-7.74	0.0003	-7.33	0.0009	-13.00
黑人人口密度	-0.0002	-3.02	-0.0004	-6.94	-0.0006	-8.60	-0.0034	-8.89
工业就业密度	-2.7315	-3.46	-5.7301	-8.63	-10.047	-13.98	-11.2644	-9.44
黑人人口密度交互变量	1.4293	-6.21	0.8216	-3.47	1.1954	-4.39	4.5127	-4.97
双亲家庭比例	1.2855	-2.66	1.9909	-4.33	3.0946	-6.43	7.6775	-10.46
区域学校数量	0.2967	-6.93	0.1374	-4.13	0.0889	-2.53	0.3728	-5.72
区域学校质量	0.0689	-2.20	0.1836	-6.41	0.1768	-5.72	0.788	-10.94
水域覆盖率	-4.6529	-9.45	-5.2055	-12.34	-3.4892	-8.28	-3.0811	-4.63
工业就业机会可达性	-2823.83	-22.92	-4668.748	-36.84	-4898.878	-36.84	-7540.36	-33.18
商业就业机会可达性	584.191	-20.82	1017.349	-35.40	1075.957	-35.59	1676.6	-31.71

Log-Likelihood 指数:-7613.4476;

Mcfadden R-squared 指数:0.2904。

表2 CBG 尺度模型估计结果

Tab.2 Estimation results of the models at the census block group level

变量名称	子区域0		子区域1		子区域2		子区域3		子区域4		全局	
	系数	t值	系数	t值	系数	t值	系数	t值	系数	t值	系数	t值
常数	2.101	-5.73	-6.946	-7.99	0.211	-1.1	13.661	-14.33	9.325	-6.5	8.183	-10.78
白人人口密度交互变量	4.355	-6.77	8.341	-8.16	7.951	-6.25	19	-15.94	10.698	-6.59	9.862	-10.19
黑人人口密度交互变量	3.706	-0.27			19.513	-4.05						
亚洲人人口密度交互变量	689.69	-4.04	46.534	-6.22			119.38	-8.88	173.44	-8.84		
其他种族人口密度交互变量	41.253	-1.78	30.051	-1.89			285.78	-6.92				
家庭收入不一致性变量	-0.003	-0.92	-0.001	-0.33	-0.038	-6.61	-0.006	-2.03	-0.014	-5.27	-0.080	-15.4
家庭规模不一致性变量	-0.014	-0.16	-0.183	-2.8	-1.3	-6.05	-0.108	-1.51	-0.027	-0.36	-0.792	-5.0)
Log-Likelihood 指数	0.3446		0.1406		0.3595		0.3595		0.3982		-1172.6767	
McFadden R-squared 指数	-1456.3611		-2074.78		-1358.69		-1344.358		-1848.3021		0.4856	

4具有更高的黑人人口密度。家庭收入及家庭规模同样表现出了集聚效应。家庭收入不一致性变量及家庭规模不一致性变量的系数为负,说明家庭更喜欢选择具有相同收入规模及家庭规模的区域。

CBG 尺度上全局模型的估计结果如表2第12-13列所示,其中只有白人人口密度交互变量、家庭收入不一致性变量和家庭规模不一致性变量显著。这3个变量的系数与子区域模型的系数符号一致。一些局部显著的变量(如区域学校质量变量和区域可达性变量)在全局模型中不显著性,说明全局模型忽略了局部特征。

家庭居住地选址行为为影响因素的影响作用表现出了显著基于位置的空间异质性。如表2所示,每个子区域模型都有唯一的模型配置,因此家庭居住地选址行为的影响因素在不同区域具有不同的影响作用。总体上来说,变量系数在所有的局部模型中具有相同的符号,说明这些变量在所有区域中所起的作用的方向一致,但变量系数的值在CBG集合间显著变化。例如家庭收入交互变量(家庭收入不一致性变量)在CBG集合2中的作用比在其他CBG集合中起更显著。白人人口密度交互变量,家庭收入交互变量和家庭规模交互变量在所有的局部模型中都显著重要,而其他变量则只在一部分地区重要。

基于空间尺度的空间异质性同样是家庭居住地选址行为影响因素影响作用的一个显著特征。通过对比表1与表2所示的结果可以看出,在不同尺度下影响家庭选址行为的影响因素不同,且影响因素的影响作用在不同的地理尺度下变化显著。如表1所示,在较大的地理尺度(CBG集合尺度)下影响家庭选址行为的主要因素为区域属性。表2

中的结果则显示家庭特征与区域特征间的相互作用变量是在较小空间尺度(CBG尺度)下解释家庭选址行为的主要变量。

## 5 结论

以美国佛罗里达州橙县为例,在两个空间尺度上和5个子区域中分别使用局部性模型来探究家庭居住地选址中的空间异质性效应。结果表明,在不同的区域,影响家庭居住地选择的变量的系数不同,且部分变量只在局部区域显著重要。在较小的地理尺度下,区域自身特征为主要影响因素;在较大地理尺度下,家庭特征与区域特征交互变量为主要影响因素;一些在局部显著重要的变量在全局模型中失去了其显著性。全局模型只体现了总体趋势,忽略了局部特征。因此,家庭居住地位置选址中存在显著的基于空间位置和基于空间尺度的空间异质性。家庭居住地选址建模研究需考虑空间异质性因素。虽然以美国地区为案例,但所得到的结论对国内案例区研究具有参考意义。

尽管本文在不同空间尺度和空间位置(区域)上建立了7个模型,揭示了家庭居住地选择中的空间异质性,但未考虑模型间相关性,因此这些模型并不能直接用于家庭选址行为的模拟。未来的家庭居住地选址模拟研究需要借助更合适的模型(如nested Logit模型)来处理家庭的居住地选址行为在不同的空间尺度和空间位置间的相关性。

## 参考文献

- [1] Fischer M M, Hewings G J D, Nijkamp P, et al. Residential Location Choice: Models and Applications. New

- York: Springer, 2010.
- [2] Tang K. Green CITYnomics: The Urban War against Climate Change. Sheffield: Greenleaf Publishing, 2009.
- [3] Bhat C R, Guo J. A mixed spatially correlated logit model: Formulation and application to residential choice modeling. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2004, 38(2):147-168.
- [4] Guo J, Bhat C. Modifiable areal units: Problem or perception in modeling of residential location choice? *Transportation Research Board*, 2004, 1898: 138-147.
- [5] 郑思齐, 符育明, 刘洪玉. 利用排序多元Logit模型研究城市居民的居住区位选择. *地理科学进展*, 2004, 23(5): 86-93.
- [6] 郑思齐, 符育明, 刘洪玉. 城市居民对居住区位的偏好: 支付意愿梯度模型的估计. *地理科学进展*, 2005, 24(1): 97-104.
- [7] 党云晓, 张文忠, 武文杰. 北京市居民住房消费行为的空间差异. *地理科学进展*, 2011, 30(10): 1023-1029.
- [8] Uyar B, Kenneth H B. Impact of local public services and taxes on dwelling choice within a single taxing jurisdiction: A discrete choice model. *Journal of Real Estate Research*, 2005, 27(4): 427-444.
- [9] Guo J, Bhat C R. Operationalizing the concept of neighborhood: Application to residential location choice analysis. *Journal of Transport Geography*, 2007, 15(1): 31-45.
- [10] Choocharukul K, Van H T, Fujii S. Psychological effects of travel behavior on preference of residential location choice. *Transportation Research A*, 2008, 42(1): 116-124.
- [11] Sermons M W, Koppelman F S. Representing the differences between female and male commute behavior in residential location choice models. *Journal of Transport Geography*, 2001, 9(2): 101-110.
- [12] Bhat C R. Covariance Heterogeneity in nested logit models: Econometric structure and application to intercity travel. *Transportation Research B*, 1997, 31(1): 11-21.
- [13] Bhat C R. Quasi-random maximum simulated likelihood estimation of the Mixed Multinomial Logit Model. *Transportation Research B*, 2001, 35(7): 677-693.
- [14] Timmermans H, Borgers A, Dijk J V. Residential choice behaviour of Dual Earner households: A decompositional joint choice model. *Environment and Planning A*, 1992, 24(4): 517-533.
- [15] Ben-Akiva M, Bowman J. Integration of an activity-based model system and a residential location model. *Urban Studies*, 1998, 35(7):1131-1153.
- [16] Wadell P A behavioral simulation model for metropolitan policy analysis and planning: Residential location and housing markets components of UrbanSim. *Environment and Planning B*, 2000, 27(2): 247-263.
- [17] Sener I N, Pendyala R M, Bhat C R. Accommodating spatial correlation across choice alternatives in discrete choice models: An application to modeling residential location choice behavior. *Journal of Transport Geography*, 2011, 19(2): 294-303.
- [18] Anselin L. *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers: 1988.
- [19] Tobler W. Cellular geography//Gale S, Olsson G. *Philosophy in Geography*. Dordrecht: Reidel Publishing Company, 1979: 379-386.
- [20] Miller H J. Potential contributions of spatial analysis to geographic information systems for transportation(GIS-T). *Geographical Analysis*, 1999, 31(4): 373-399.
- [21] Gilbert A, Chakraborty J. Using geographically weighted regression for environmental justice analysis: Cumulative cancer risks from air toxics in Florida. *Social Science Research*, 2011, 40(1): 273-286.
- [22] Kazuaki M, Varameth V, Naoki S, et al. Discrete choice model with structuralized spatial effects for location analysis. *Transportation Research Record*, 2004, 1898: 183-190.
- [23] Fotheringham A S, Charlton M E, Brunsdon C. Geographically weighted regression: A natural evolution of the expansion method for spatial data analysis. *Environment and Planning A*, 1998, 30(11): 1905-1927.
- [24] Fotheringham A S, Brunsdon C, Charlton M. *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships*. Hoboken, NJ: Wiley, Chichester, West Sussex, 2002.
- [25] Tu J, Xia Z. Examining spatially varying relationships between land use and water quality using geographically weighted regression I: Model design and evaluation. *Science of the Total Environment*, 2008, 407(1): 358-378.
- [26] McMillen D P, McDonald J F. Land use before zoning. The case of 1920's Chicago. *Regional Science and Urban Economics*, 1999, 29(4): 473-489.
- [27] Luo J, Kanala N K. Modeling urban growth with geographically weighted multinomial logistic Regression//Liu L, Li X, Liu K, et al. *Proceedings of Geoinformatics 2008 and Joint Conference on GIS and Built Environment: The Built Environment and Its Dynamics*. Guangzhou, China: SPIE, 2008, 71440:71440M-71440M-11.
- [28] Tanaka K, Yoshida K, Kawase Y. Applying geographically weighted regression to conjoint analysis: Empirical findings from urban park amenities//American Agricultural Economics Association(New Name 2008: Agricultural and Applied Economics Association), 2008.
- [29] Zhou B, Kockelman K M. Microsimulation of residential land development and household location choices: Bid-

ding for land in Austin, Texas. *Transportation Research Record*, 2008, 2077(1): 106-112.

[30] Orange County. Orange County 2010-2011 Annual Report. 2011-08-16[2012-01-01]. [http://www.orangecounty-fl.net/Portals/0/Resources/Internet/Homepage/docs/OrangeCountyAnnualReport2010-11\\_Final.pdf](http://www.orangecounty-fl.net/Portals/0/Resources/Internet/Homepage/docs/OrangeCountyAnnualReport2010-11_Final.pdf)

[31] Xin Y, Karthik K, Ram P, et al. Methodology to Match

Distributions of Both Household and Person Attributes in Generation of Synthetic Populations//Proceedings of the 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board (DVD), Washington, D.C., 2009: 11-15.

[32] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 1992, 24 (3): 189-206.

## Spatial Heterogeneity Analysis of Household Residential Location Choice: A Case Study in Orange County, Florida, USA

YU Linjun<sup>1,2</sup>, Sun Danfeng<sup>2</sup>, PENG Zhongren<sup>3</sup>, ZHANG Jian<sup>4</sup>

(1. Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agriculture University, Beijing 100193, China;

3. Department of Urban and Regional Planning, University of Florida, Gainesville, FL 32611-5706, USA;

4. Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** Households' behaviors of choosing residential locations are spatial in nature. Therefore, spatial effects cannot be disregarded when molding household residential location choice. Spatial correlation and spatial heterogeneity are two aspects of spatial effect. Several studies regarding spatial effect in household location choice modeling have been conducted. However, the existing studies mainly focused on spatial autocorrelation effect in household location choices, where the spatial heterogeneity effect was ignored. Conventional residential location choice models are typically based on the assumption of spatial homogeneity, assuming that the impacts of an influencing factor are constant across space. Therefore, spatial heterogeneity effect is ignored in traditional residential location choice models. In this study, Orange County, FL, USA was used as a case study. Census Block Groups (CBG) in the study area were grouped into five sets, where hot spot analysis (Getis-Ord  $G_i^*$ ) in ArcGIS was employed for location alternatives grouping because it enables spatial locations to be geographically grouped based on one non-spatial attribute. Finally, we used seven multinomial logit model based residential location choices models in the five sub-regions of the study area and at two spatial scales (CBG scale and CBG set scale), respectively. The estimation results provided evidences that both location-dependent and scale-dependent variations exist in the impacts of the influencing factors on household residential location choice. At the higher scale (CBG set scale), zonal attributes are the main influencing factors. At the lower scale (CBG scale), however, the interaction variables between household characters and zonal attributes play a leading role. Variable effects vary significantly across regions at the CBG scale. For example, the interactive variable between zonal Black population density and the Black ethnicity dummy variable of a household is only significant in two regions out of all the five regions. Therefore, spatial heterogeneity is a significant characteristic of the impacts of influencing factors on household residential location choice. Although the study area is located in USA, the conclusion is meaningful for future studies which use regions in China as cases.

**Key words:** spatial effect; spatial homogeneity; spatial heterogeneity; household location choice; multinomial logit model; Florida, USA

本文引用格式:

宇林军, 孙丹峰, 彭仲仁, 等. 城市家庭居住地选址的空间异质性分析:以美国佛罗里达州橙县为例. *地理科学进展*, 2012, 31 (8): 1024-1031.