

基于协同区位商的北京城市职住要素空间关联

孟 斌¹,高丽萍²,李若倩²

(1. 北京联合大学应用文理学院,北京 100191; 2. 首都师范大学资源环境与旅游学院,北京 100048)

摘要: 就业地和居住地是城市居民工作以及生活的主要场所,同样也是城市空间结构最重要的组成要素,写字楼与居民楼空间关联性研究对深刻理解职住关系有着至关重要的作用。利用协同区位商方法,对北京市写字楼与居民楼空间关联总体特征和局域空间关联格局进行分析。研究表明:① 协同区位商作为一种测量点要素之间联系的方法,能够很好的应用到职住关系的研究中,对丰富职住关系度量指标体系也具有非常重要的意义。② 对北京市的实证分析结果显示,北京市写字楼与居民楼全局协同区位商值小于1,空间关联性较差,表明职住要素的空间联系总体较弱。③ 局域协同区位商的分析表明,北京写字楼与居民楼局域空间关联格局差异明显,不仅不同区域两者空间关联性强弱差别显著,而且不同价位的居民楼和写字楼展现出不同的空间关联特征。④ 北京职住要素空间关联性深受写字楼、居民楼本身布局的影响,其主要影响因素还需要进一步全面分析,加强此领域研究,将有助于城市规划中职住要素的合理空间布局。

关键词: 职住关系;要素关联;协同区位商;同位模式;北京

DOI: 10.11821/dlxb202106005

1 引言

中国正处于城市制度转型的关键时期,郊区化现象逐渐加剧,城市空间重构也逐步加速,同时土地与住房改革的推进和城市交通设施建设水平的快速提升,都使得城市居民职住关系发生了重大变化。近年来,北京城市现代化的建设步伐不断加快,新建住房已呈现出从城市中心向周边新发展区扩展的趋势,城市化也已经随着新建住房区位的变化由中心向城区各个方向推进。与此同时,城市轨道交通以及交通线路的完善、城市郊区化的快速发展^[1]等因素,也使得北京城市新建住房逐步由传统城市中心向郊区转移,居住地空间结构发生了显著变化,城市居民职住分离现象愈加普遍,长时间或远距离通勤成为城市居民日常生活的普遍现象。在《北京城市总体规划(2016—2035年)》中,也首次将职住关系协调作为一个重要的规划目标,在这一背景下,加强北京市居民就业地和居住地这两类最主要的职住要素之间的空间关联研究已经刻不容缓。

国外学者对“职住不匹配”理论和实践的研究较早,并且已取得丰硕成果。1968年Kain提出了“空间错位”的假说,并重点分析了就业岗位郊区化和种族隔离等现象对中心城区黑人居民较高的失业率的影响^[2]。此后,很多学者都试图用定量的方法来验证黑

收稿日期: 2019-03-19; 修订日期: 2021-04-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671165, 51878052); 北京联合大学科研项目(ZK40202001) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41671165, No.51878052; The Academic Research Projects of Beijing Union University, No.ZK40202001]

作者简介: 孟斌(1971-), 男, 安徽肥东人, 博士, 教授, 硕士生导师, 中国地理学会会员(S1100001017M), 主要从事城市地理和地理信息科学研究。E-mail: mengbin@bnu.edu.cn

1380-1393 页

人就业率和“空间错位”之间的关系。研究对象也由美国黑人的失业、贫困,逐渐扩展到其他少数民族和弱势群体等;研究内容由居住地隔离逐渐扩展到对工作的寻找、社会可接受性、工作可达性等方面,再到对低收入人群在寻找工作中遇到的一系列障碍的研究^[3]。随着对研究领域的深入,来自不同研究领域的学者开始质疑“空间错位”存在的客观性。Offner等以芝加哥为研究对象,发现在白人为主或者多种族混杂居住的地区,雇主所雇佣的黑人的比例要比在黑人为主的社区小^[4]。20世纪80年代以后,Wilson^[5]、Leonard^[6]、Kasarda^[7]等学者以不同的实证研究证实了“空间错位”假说存在的客观性。Kasarda等在他们的研究中重新强调了“空间错位”,提出就业岗位的郊区化导致了城市中心区贫困阶层的集聚。但也有学者认为,就业障碍不是“空间”问题,而是美国社会中黑人和白人引起的居住分异问题^[8]。

国内学者对“空间错位”假说的研究起步较晚,最早源于周江评对美国“空间错位”研究成果的引进^[9]以及提出的国内学术界的研究重点。之后国内学者广泛开展了对“空间错位”现象的研究,研究区域主要集中在一些大城市,例如北京^[10]、上海^[11]和广州^[12]等城市,取得了丰硕的成果,这也从侧面反映出职住分离问题已经成为中国众多城市的“城市病”之一。在早期开展的实证研究中,学者主要集中在“空间错位”的背景、演变过程、方法研究、测度方法、对就业的影响、与城市就业的关系等方面^[13-16]。通勤距离和通勤时间作为衡量职住分离程度常用的指标^[17-21],国内学者将其作为研究手段来分析职住分离情况,取得了丰富的成果。如孟斌等对望京和天通苑两个大型居住社区进行了研究,发现居住在近郊大型居住区里的居民通勤时间普遍较长^[20];刘望保等利用广州市三年家庭社会调查问卷数据,分析了广州城市居民职住分离与通勤行为的演变,发现家庭收入、文化程度、住房产权情况等是影响居民通勤行为的重要因素^[21]。还有学者研究发现职住匹配受社会经济属性、交通发展要素、区域功能定位、政策性因素、工作和住房机会、城市公共服务设施等因素^[22-25]的影响。

国内外学者对于职住匹配的相关研究,主要包括3个方面的测度:数量匹配的测度、质量匹配的测度和通勤行为^[15, 20-21]。其中,数量的匹配是指就业者人数和就业岗位数量相当,居民能够就近工作,也就是职住数量平衡度;质量的匹配是指一定区域内就业者数量和相匹配的就业岗位数量相当,能够实现该区域内就业与居住自给自足的程度,即职住关系自足度。对职住空间匹配的测度有明显的尺度效应,一般来说,地理范围(尺度)越大,数量的匹配和质量的匹配效果越好;范围(尺度)越小,其匹配效果越差。但就尺度效应的范围标准,学者们仍旧没有统一的答案^[15]。尺度问题的存在使目前常用测度职住空间匹配的指标受到挑战,需要寻找新的方法来弥补尺度问题对测度职住空间匹配研究带来的影响。

地理学家很早就关注物体和它的相邻事物之间的关系,Tobler第一定律至今仍然是地理学最重要的理论基础。不同要素或分布之间的空间关系是最基本的空间关系之一,这种类型的空间关系可以用空间关联来表示。“空间关联”这个词在其他领域被用来指在单个种群(或要素)内部之间或在两个或更多种群(要素)之间呈现的关系模式^[26];由于空间(不)匹配是指某一要素和另一要素在空间上呈现出的(非)对称状态^[27],与空间关联存在本质的联系,都是指空间要素之间的相互作用关系,因此借助空间关联来研究职住要素的空间匹配问题成为可行的选择之一。

协同区位商(The Global Co-location Quotients, GCLQ)是在经济区位商^[28]的基础上最早由Leslie和Kronenfeld提出的,不但能够检测到与要素分布模式无关的空间关联关系,而且能够对空间要素的不对称分布进行测度,但它是一个全局的协同区位模式,无

法检测到关联的强度的局域变化^[26]。Cromley 等于 2014 年在全局协同区位模式的基础上提出了一个协同区位商的局域指标 (The local indicator of the Co-location Quotient, LCLQ)^[29], 来揭示两点 (集) 间相关性的空间变异性。自协同区位商方法提出以后, 很多学者已用其做了很多研究。Leslie 等分别对凤凰城地区的 36909 家商业机构的空间关系进行了研究, 发现凤凰城地区的主要服务行业和其他服务行业都有大量不对称关联, 公共管理和艺术、娱乐和娱乐行业在他们的同类部门中只有 3~4 个显著的关联^[26]。但将此方法应用于城市职住要素关系研究却依然缺乏。鉴于此, 本文尝试利用协同区位商法对北京城市职住要素空间关联特征及其空间关联格局进行研究分析, 试图对职住关系的度量和评价提供一个新的研究视角。

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源与处理

本文以北京城市写字楼和居民楼为主要研究对象, 采用八爪鱼软件在相关网站抓取的带有经纬度位置信息的 2016 年写字楼数据和居民楼数据。其中居民楼数据 7832 条, 用来表示北京市居住要素; 写字楼数据 3719 条, 用来表示就业要素。通过标准差方法对居民楼数据进行分类, 分成 3 类: 低价位居民楼 (≤ 27815 元/ m^2)、中间价位居民楼 (27816~59613 元/ m^2)、高价位居民楼 (> 59614 元/ m^2)。《北京城市总体规划 (2016 年—2030 年)》将北京市划分为四大功能区: 首都功能核心区、城市功能拓展区、城市发展新区和生态涵养发展区。据此, 本文将位于首都功能核心区内的居民楼划分为核心区, 将位于城市功能拓展区内的居民楼划分为拓展区, 将位于城市发展新区和生态涵养发展区两大区域内的居民楼划分为周边区域。

2.2 研究方法

协同区位商^[26]是在经济区位商的基础上发展而来, 分全局的协同区位模式 (GCLQ) 和协同区位商的局域指标 (LCLQ)^[29]。全局协同区位商 (GCLQ) 测度 A 型点附近 B 型点的观察值与预期值之间的整体关系, 它是基于最近邻而不是实际的距离来设计的, 以避免点要素总体分布的影响 (图 1)。

GCLQ 的计算公式^[26]为:

$$GCLQ_{A \rightarrow B} = \frac{N_{A \rightarrow B} / N_A}{N_B / (N - 1)} \quad (1)$$

式中: $GCLQ_{A \rightarrow B}$ 表示 A 型点被 B 型点吸引的程度; N 代表所有点的数量; N_A 代表 A 型点的数量或规模; N_B 代表 B 型点的数量; $N_{A \rightarrow B}$ 表示拥有 B 型点作为其最近邻点的 A 型点的数量。分子表示观测到的作为 A 型点最近邻的 B 型点的比例; 分母表示随机情况下作为 A

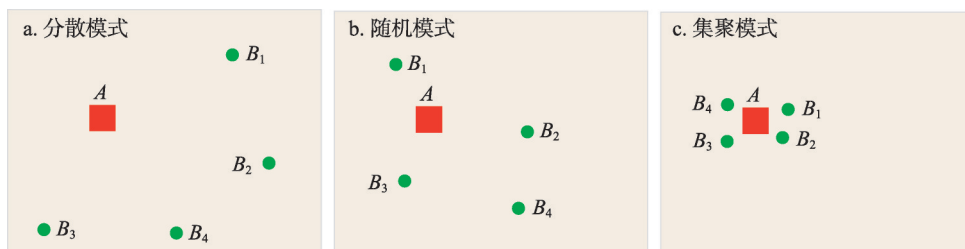


图 1 两类要素空间关联示意

Fig. 1 Schematic diagram of two types of element space association

型点最近邻的 B 型点的比例。一个大的协同区位商值反应较强的共同区位联系, $GCLQ_{A \rightarrow B}$ 值大于 1, 说明 A 型点和 B 型点具有空间关联性的, 具体来说, A 型点很容易被 B 型点吸引; 相反, 如果 $GCLQ_{A \rightarrow B}$ 小于 1, 表明 A 型点与 B 型点趋向于隔离 (分散); $GCLQ_{A \rightarrow B}$ 等于 1, 表明 A 型点与 B 型点趋向随机分布。全局协同区位商能够从相反的方向区分 A 到 B 的空间作用。换句话说, $GCLQ_{A \rightarrow B}$ 表示 A 型点被 B 型点吸引的程度, 而 $GCLQ_{B \rightarrow A}$ 表示 B 型点被 A 型点吸引的程度。

由于要素的空间相关性会随着空间的变化而变化, 例如, 地理加权回归模型中的参数的局域变化, 又比如一些探测热点区域的局域空间自相关指标, 例如 G_i 统计和 LISA。因此, Cromley 等在 2014 年提出了一个协同区位商的局域指标, 来揭示两点 (集) 间相关性的空间差异性。局域协同区位商不但有助于理解空间过程和潜在的驱动因素, 还方便进行空间化展示, 更方便解释空间关联的空间特征。LCLQ^[29] 公式如下:

$$LCLQ_{A_i \rightarrow B} = \frac{N_{A_i \rightarrow B}}{N_B / (N - 1)} \quad (2)$$

$$N_{A \rightarrow B_i} = \sum_{j=1}^N \left(\frac{w_{ij} f_{ij}}{\sum_{j=1(j \neq i)}^N w_{ij}} \right), \quad (j \neq i) \quad (3)$$

$$w_{ij} = \exp \left(-0.5 \times \frac{d_{ij}^2}{d_{ib}^2} \right) \quad (4)$$

式中: $LCLQ_{A_i \rightarrow B}$ 表示 B 型点被 A_i 点吸引的程度; $N_{A_i \rightarrow B}$ 表示点 A_i 最近邻的 B 型点的加权平均数; f_{ij} 表示一个二进制变量, 指示 j 是否标记的是 B 型点 (1 代表是, 否则为 0); w_{ij} 代表的是点 j 的权重, 说明 j 对第 i 个 A 型点的重要性; d_{ij} 代表的是第 i 个 A 型点与点 j 之间的距离; d_{ib} 代表的是第 i 个 A 型点附近的带宽距离。

公式 (4) 是高斯核密度函数, 被用来将地理权重分配给点 A_i 的每个邻居, 基本上, 离 A 点越远的邻居, 它对 A 点的重要性越小。还可以考虑其他的密度函数来定义一个点的权重, 例如所谓的盒核密度函数 (Box Kernel Density Function), 将标记的 A 点规定带宽距离内的每个点相同地对待, 而不考虑他们的距离。

类似于 GCLQ 的实现, LCLQ 也采用距离等级 (例如, 第一最近邻或第二最近邻), 而不是实际距离度量作为计算中的带宽。这个带宽也被称为“自适应带宽”。与基于测量距离的固定带宽相比, 自适应带宽保证了在每一个标记点 A 对 LCLQ 的估计 (预期) 有完全相同的点数, 从而得到更可靠的结果。在实际计算过程中, 可以通过设置不同的距离等级带宽 (一阶最近邻或二阶最近邻等) 来度量不同尺度下两种类型点之间的吸引作用, 并且距离可以采用欧氏距离或网络距离进行计算。

3 北京城市职住要素空间关联全局特征

3.1 北京职住要素关联程度整体特征

根据 Leslie 等开发的 “The Global CLQ” 工具^[26], 利用 2016 年北京城市写字楼和居民楼数据, 对北京城市职住两大要素关联强度进行分析。经过多次实验, 本文设置带宽分别为一阶最近邻 (The First-order Neighbor)、十阶最近邻 (The Tenth-order Neighbor) 和二十五阶最近邻 (The Twenty-fifth-order Neighbor), 并运用蒙特卡罗模拟 (100 次) 对

其进行显著性检验，表1和表2列出了北京城市写字楼和居民楼之间的全局协同区位商值。可以看出：①随着带宽的增加（从1阶最近邻到10阶最近邻，再到25阶最近邻），写字楼与居民楼的全局协同区位商值越来越大，但是仍小于1，换句话说，北京城市写字楼与居民楼在空间分布上呈现出相对独立的特征；②在各个带宽下，居民楼被写字楼吸引的程度都大于写字楼被居民楼吸引的程度，尤其在带宽为25时，居民楼被写字楼吸引的程度大于0.9，说明在一定程度上居民楼有依附于写字楼分布的倾向。

3.2 北京不同功能区职住要素空间关联

根据上文划分三大区域，进一步分析写字楼与居民楼的空间关联程度，结果如表3和表4所示。从3个区域里居民楼被写字楼吸引的程度来看（表3），协同区位商值都小于1，居民楼被写字楼吸引的程度普遍较低，居民楼近乎完全独立于写字楼而分布；并且其吸引程度呈现出由核心区向拓展区扩大，再向周边区域变小的趋势。对写字楼被居民楼吸引的结果进行分析（表4），同样发现3个区域里写字楼被的居民楼吸引的程度也较低，呈现周边区域居民楼与写字楼关联性最差的特点。

3.3 不同价格水平的职住要素关联程度

由于不同价位的居民区和写字楼的区位选择具有不同特点，本文进一步对写字楼与不同价位居民楼之间的空间关联进行了分析。图2表示写字楼被不同价位居民楼吸引的程度，图3表示不同价位居民楼被写字楼吸引的程度，可以发现两者之间的协同区位商值都小于1（ $GCLQ_{\text{写字楼} \rightarrow \text{不同价位居民楼}} < 1$ ），即写字楼和不同价位的居民楼处于一种较弱的空间关联状态。研究还发现在不同带宽下，写字楼与中间价位居民楼吸引的强度都是最大，表明写字楼与中间价位居民楼空间关联性最好，与低价位居民楼空间关联性最差。

表1 居民楼被写字楼吸引的全局协同区位商

Tab. 1 GCLQ of residential buildings attracted by office buildings

带宽	写字楼		
	1	10	25
居民楼	0.7579	0.8457	0.9041

注：所有的协同区位商值在0.001的置信水平下显著。

表2 写字楼被居民楼吸引的全局协同区位商

Tab. 2 GCLQ of office buildings attracted by residential buildings

带宽	居民楼		
	1	10	25
写字楼	0.6284	0.7691	0.8216

注：所有的协同区位商值在0.001的置信水平下显著。

表3 三大区域居民楼被写字楼吸引的全局协同区位商

Tab. 3 GCLQ of residential buildings attracted by office buildings in three major areas

带宽		写字楼		
		1	10	25
居民楼	核心区	0.6265	0.6418	0.6324
	拓展区	0.6071	0.7343	0.7874
	周边区域	0.2148	0.2669	0.2836

注：所有的协同区位商值在0.001的置信水平下显著。

表4 三大区域写字楼被居民楼吸引的全局协同区位商

Tab. 4 GCLQ of office buildings attracted by residential buildings in three major areas

写字楼		居民楼		
		核心区	拓展区	周边区域
带宽	1	0.4008	0.5745	0.2634
	10	0.5993	0.7592	0.2945
	25	0.7292	0.8507	0.2721

注：所有的协同区位商值在0.001的置信水平下显著。

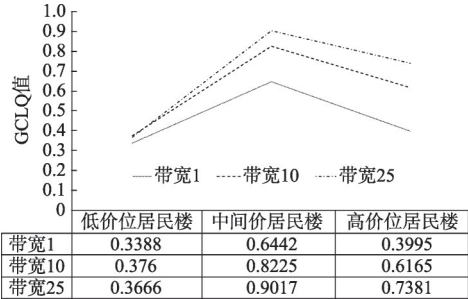


图2 写字楼被不同价位居民楼吸引的全局协同区位商

Fig. 2 GCLQ of office buildings attracted by residential buildings in different price ranges

4 北京城市职住要素空间关联局域特征

4.1 职住要素空间关联空间格局分析

4.1.1 居民楼被写字楼吸引的局域特征

基于协同区位商的局域指标，对北京城市写字楼与居民楼空间关联的空间格局进行分析，图4为带宽分别为10和25时写居民楼被写字楼吸引强度的空间格局。

从图4可以看出，在带宽分别为10和25的情况下，虽然居民楼被写字楼吸引强度值（LCLQ）有稍微变化，但是总体空间格局并没有大的改变，主要表现为：① 居民楼被写字楼吸引的强度空间差异明显，随着距城市中心距离的增加，居民楼被写字楼吸引的能力逐渐降低，换句话说，城区居民楼布局对写字楼布局具有依附性，而郊区居民楼布局对写字楼布局没有依附性，呈现出独立分布的特点。② 在五环内，以长安街为分界线，北城居民楼被写字楼吸引的强度大于南城。北城写字楼与居民楼的空间关联性较好，居民楼依附于写字楼分布而分布；南城写字楼与居民楼的空间关联性相对较差，呈现出居民楼独立于写字楼分布的特点。③ 在五环内，以中轴线为分界线，东部城区居民楼被写字楼吸引的强度大于西部城区，东部城区写字楼与居民楼的空间关联性好，居民楼对写字楼具有依附性，西部城区写字楼与居民楼的空间关联性相对较差，居民楼独立于写字楼而分布。

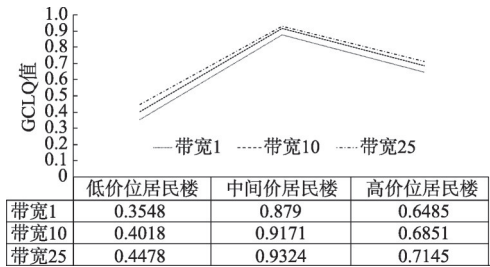


图3 不同价位居民楼被写字楼吸引的全局协同区位商
Fig. 3 GCLQ of residential buildings in different price ranges attracted by office buildings

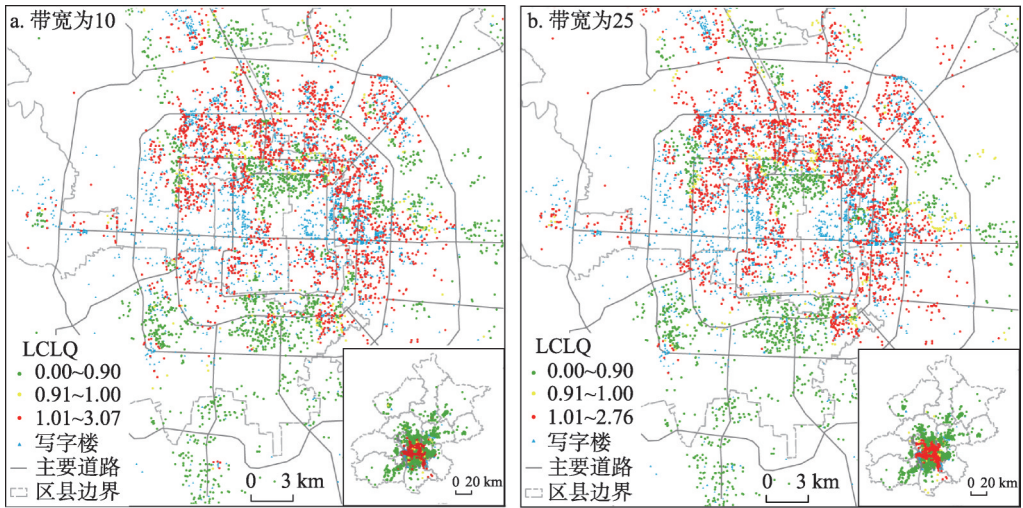


图4 北京居民楼被写字楼吸引的局域协同区位商
Fig. 4 LCLQ of residential buildings attracted by office building in Beijing (a. Bandwidth=10, b. Bandwidth=25)

4.1.2 写字楼被居民楼吸引的局域特征分析 对比图4和图5，在带宽分别为10和25时，写字楼被居民楼吸引强度的空间关联格局特征与写居民楼被写字楼吸引强度的空间关联格局特征正好相反，表现为：① 写字楼被居民楼吸引的强度呈现出由北京城市中心区域向郊区逐渐变大的趋势。总体而言，北京城区居民楼与写字楼的空间关联性较差，写字楼独立于居民楼分布，而在各郊区县则发现写字楼在空间上依附于居民楼分布，并且主

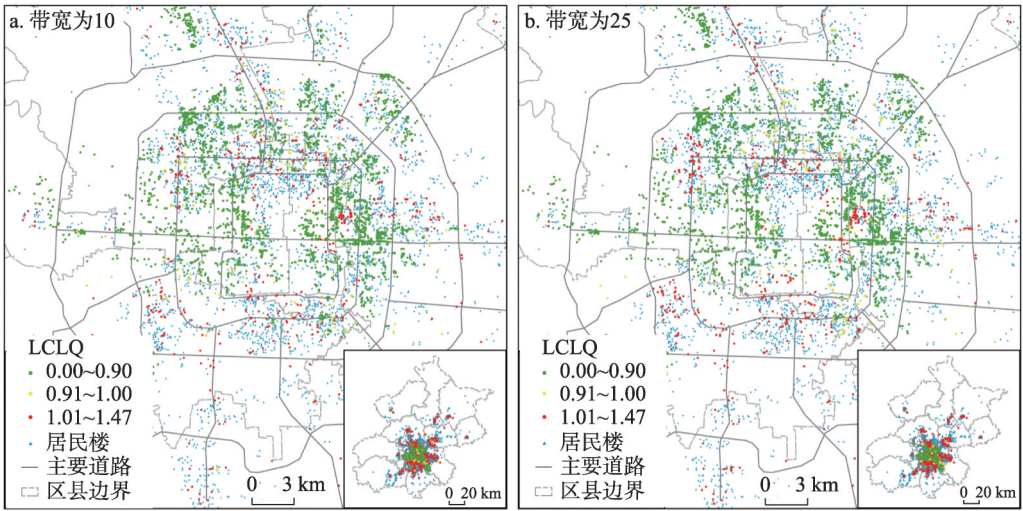


图5 北京写字楼被居民楼吸引的局域协同区位商
Fig. 5 LCLQ of residential buildings attracted by office buildings in Beijing (a: Bandwidth=10, b: Bandwidth=25)

要集中于县城的特点。②在五环内，以长安街为分界线，北城写字楼被居民楼吸引的强度弱于南城，南城大部分区域内的写字楼都依附于居民楼分布而分布；而北城，除小部分地区表现出写字楼依附于居民楼分布以外，大部分地区的写字楼都独立于居民楼的分布。③在五环内，以中轴线为分界线，东西部城区写字楼被居民楼吸引的强度差异不大，居民楼与写字楼空间关联性都较弱，写字楼的分布受居民楼分布的影响不大。

4.2 不同价格水平的写字楼及居民楼关联程度及空间格局

4.2.1 写字楼与高价位居民楼空间关联分析

(1) 高价位居民楼被写字楼吸引的强度分布(图6)主要有以下特点：①以中轴线为分界线，东部城区高价位居民楼被写字楼吸引的程度更高，其写字楼与高价位居民楼空间关联性较好，而西部城区则相反。②西二环到西四环区域内以及中关村地区，高价

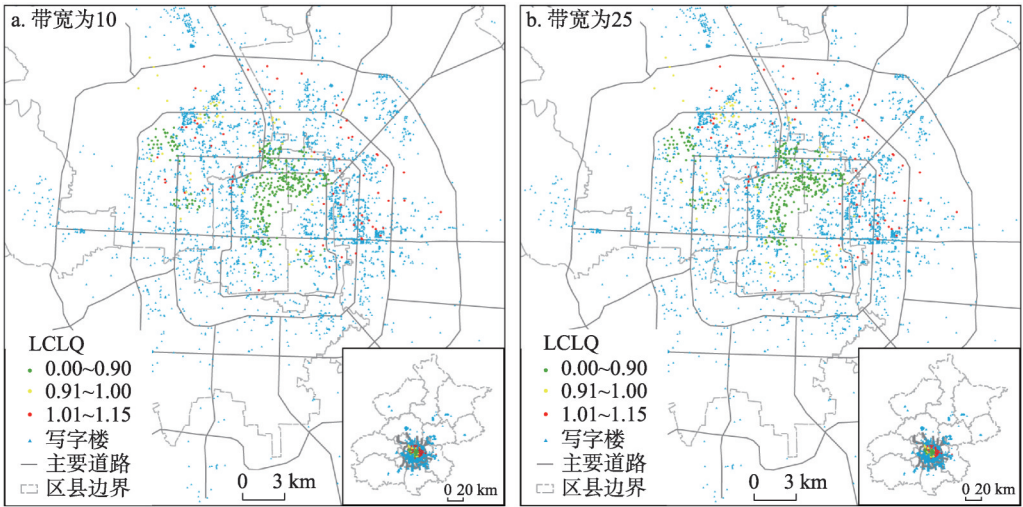


图6 北京高价位居民楼被写字楼吸引的局域协同区位商
Fig. 6 LCLQ of high-priced residential buildings attracted by office buildings (a: Bandwidth=10, b: Bandwidth=25)

位居民楼被写字楼吸引的强度值都大于1,说明该区域范围内高价位居民楼与写字楼的空间关联较好。除以上几个地区外,北城其它地区写字楼与高价位居民楼空间关联较差,尤其中轴线两侧的北二环至北三环地区、航天桥以东地区以及北三环至北四环的西北角地区表现更为突出。

(2) 写字楼被高价位居民楼吸引的强度特征分析结果如图7所示,从整体上来说,写字楼被高价位居民楼吸引的强度呈现出与高价位居民楼被写字楼吸引的强度相似的特点:长安街以北区域写字楼与高价位居民楼的空间关联性好于长安街以南区域。具体表现为以下特点:① 长安街以北区域,写字楼被高价位居民楼吸引的强度较高,即写字楼附近常常有高价位居民楼布局。符合这一特征的区域主要是:中关村清华园附近、西三环北路附近、西四环北路附近、中轴线两侧的北二环到北四环地区等。而作为就业中心的CBD地区,由于商业地产高度积聚,居住用地较少,高价位居民楼与写字楼空间关联性较差,其他一些区域也由于高价位居民楼的较少,所以都呈现出较低的空间关联性。② 长安街以南,高价位居民楼主要布局在二环以内,所以除东二环南路和西二环南路沿线外等个别区域外,南二环以北地区写字楼被高价位居民楼吸引的强度值都大于1,说明该区写字楼与居民楼空间关联性较强。

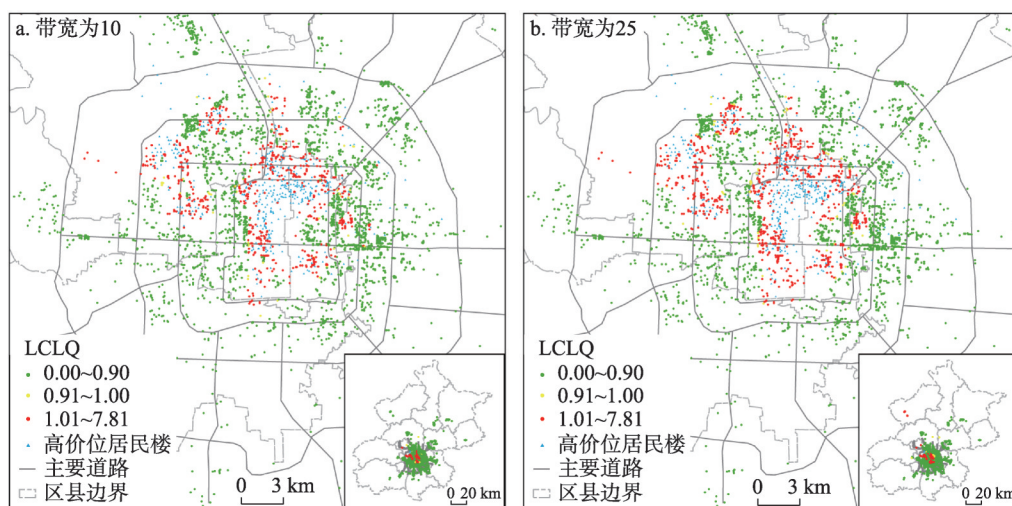


图7 北京写字楼被高价位居民楼吸引的局域协同区位商

Fig. 7 LCLQ of office buildings attracted by high-priced residential buildings in Beijing (a. Bandwidth=10, b. Bandwidth=25)

4.2.2 写字楼与中间价位居民楼空间关联分析

(1) 分析中间价位居民楼被写字楼吸引的强度(图8)发现,不管是北京中心城区还是远郊的区县县城等经济中心区域,都存在中间价位居民楼与写字楼空间关联性好或差的区域,具体体现在:① 整体上,在北京城区就业中心和远郊地区各区县经济中心中间价位居民楼被写字楼吸引的强度值大于1,说明在这些地区的中间价位居民楼附近都有写字楼布局,中间价位居民楼对写字楼依附程度较高。② 长安街以北,除金融街和CBD、回龙观等3个区域内,中心中间价位居民楼被写字楼吸引的强度值小于1外,其他就业中心,例如中关村、望京和上地等地区内,中间价位居民楼被写字楼吸引的强度大部分都大于1,说明在中关村、望京和上地地区,在中间价位居民楼附近都能找到写字楼的布局,两者之间的空间关联性较好。③ 长安街以南,南二环以北地区中间价位居民楼被写字楼吸引的强度值大部分大于1,说明该区域中间价位居民楼与写字楼的空间关

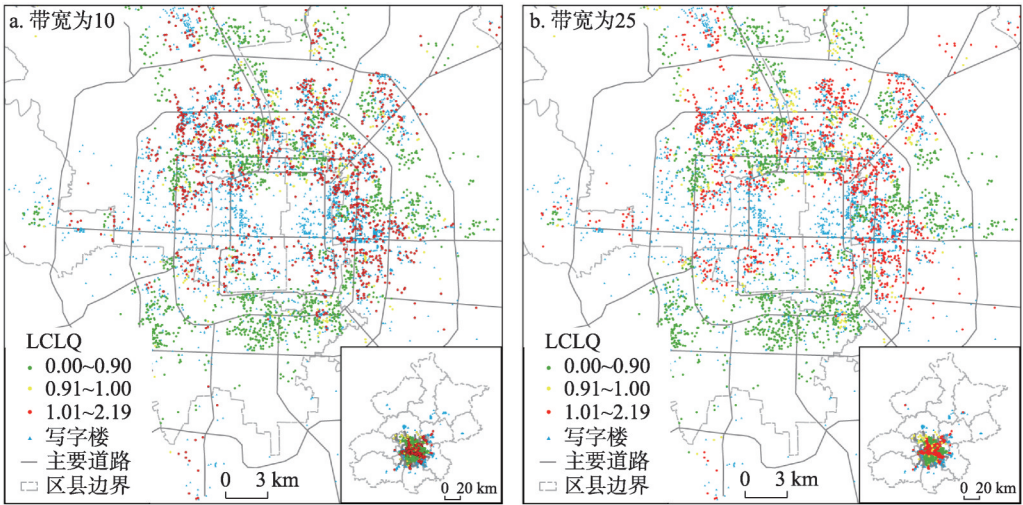


图8 北京中间价位居民楼被写字楼吸引的局域协同区位商

Fig. 8 LCLQ of midium-priced residential buildings attracted by office buildings (a. Bandwidth=10, b. Bandwidth=25)

联较好；而南二环以南地区中间价位居民楼与写字楼的空间关联较差，应考虑在这部分地区合理布局写字楼以达到中间价位居民楼与写字楼的匹配。

(2) 写字楼被中间价位居民楼吸引的强度呈现出由北京城市中心城区向远郊区县降低的趋势(图9)，具体表现为：① 总体上来看，二环到四环之间，写字楼被中间价位居民楼吸引的强度值大于1，两者空间关联好；而远郊区县写字楼被中间价位居民楼吸引的强度值小于1，两者空间关联较差。② 长安街以北，金融街和CBD大部分区域以及中关村地区，写字楼被中间价位居民楼吸引的强度值小于1，说明在这些地区写字楼与中间价位居民楼空间关联较差；而北二环到北四环之间以及望京靠近四环附近的区域，中间价位居民楼与写字楼的空间关联较好，在写字楼附近能够找到中间价位居民楼的分布。③ 长安街以南，长安街沿线中间价位居民楼与写字楼空间关联较差，而南二环到南

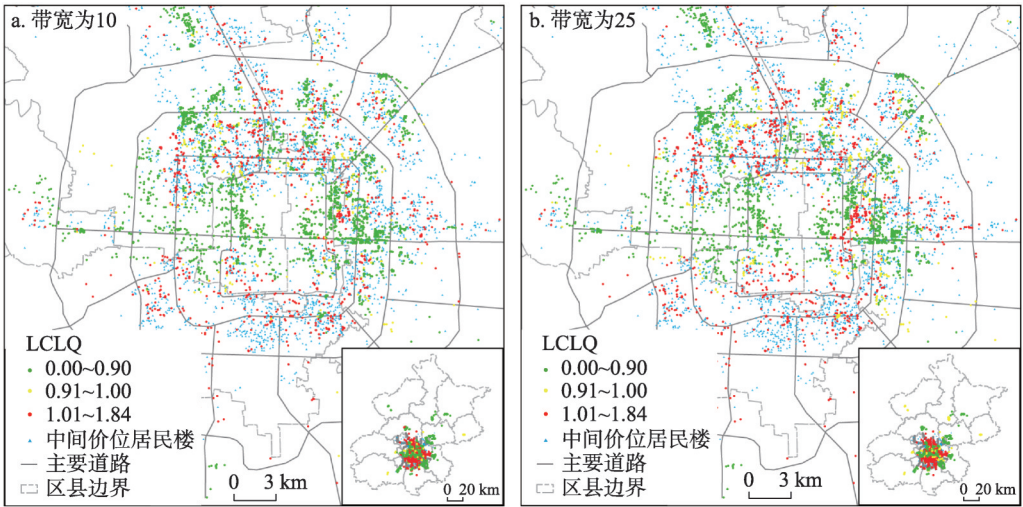


图9 北京写字楼被中间价位居民楼吸引的局域协同区位商

Fig. 9 LCLQ of office buildings attracted by midium-priced residential buildings (a. Bandwidth=10, b. Bandwidth=25)

四环之间, 写字楼被中间价位居民楼吸引的强度值大于1, 说明在这些地区中间价位居民楼与写字楼单向上的空间关联较好; 而其他区域, 写字楼被中间价位居民楼吸引的强度值大都小于1, 空间关联性较差。

4.2.3 写字楼与低价位居民楼空间关联分析

(1) 对低价位居民楼被写字楼吸引的强度分析, 写字楼与低价位居民楼单向空间关联强度由北京中心城区向远郊区县中心城区逐渐递减 (图10), 具有以下特点: ① 四环内, 除丰台中心城区低价位居民楼被写字楼吸引的强度值小于1, 两者单向空间关联性较差外, 其他地区写字楼与低价位居民楼的空间关联性都较好, 在低价位居民楼附近都有写字楼的存在; 此外, 四环到五环之间, 只有南四环到南五环之间写字楼与低价位居民楼的单向空间关联性较差, 其他地区两者的空间关联性都较好。② 五环内, 存在低价位居民楼的地带, 其低价位居民楼被写字楼吸引的强度值大部分大于1, 两者具有空间关联性。③ 远郊区县, 不管是中心城区还是其他地区, 写字楼与低价位居民楼在单向都不存在空间关联性, 即低价位居民楼附近没有写字楼的布局。

(2) 分析写字楼被低价位居民楼吸引的强度 (图11), 两者之间的单向空间关联性呈现以下特点: ① 低价位居民楼与写字楼的单向空间关联性从北京中心城区向远郊区县中心城区逐渐变好。四环内写字楼被低价位居民楼吸引的强度值大部分小于1, 说明四环内, 在大部分写字楼附近找不到低价位居民楼的布局, 而在远郊区县中心城区, 大部分写字楼附近都存在低价位居民楼, 呈现出低价位居民楼依附写字楼布局的特点, 这与低价位居民楼布局有关。② 四环内, 低价位居民楼与写字楼具有显著单向空间关联性的区域主要位于丰台中心城区, 说明丰台城区写字楼附近存在低价位居民楼, 四环内其他区域两者的空间关联性较差; 从南四环到南五环沿线地区, 写字楼被低价位居民楼吸引的强度值都大于1, 这些地区低价位居民楼与写字楼单向空间关联性较好, 说明相对于长安街以北的地区, 长安街以南低价位居民楼数量较多, 在一定程度上提高了写字楼与低价位居民楼的空间关联性; 此外, 回龙观地区写字楼被低价位居民楼吸引的强度值大于1, 说明在该区写字楼附近都存在低价位居民楼, 即低价位居民楼对写字楼具有依附分布的特点。

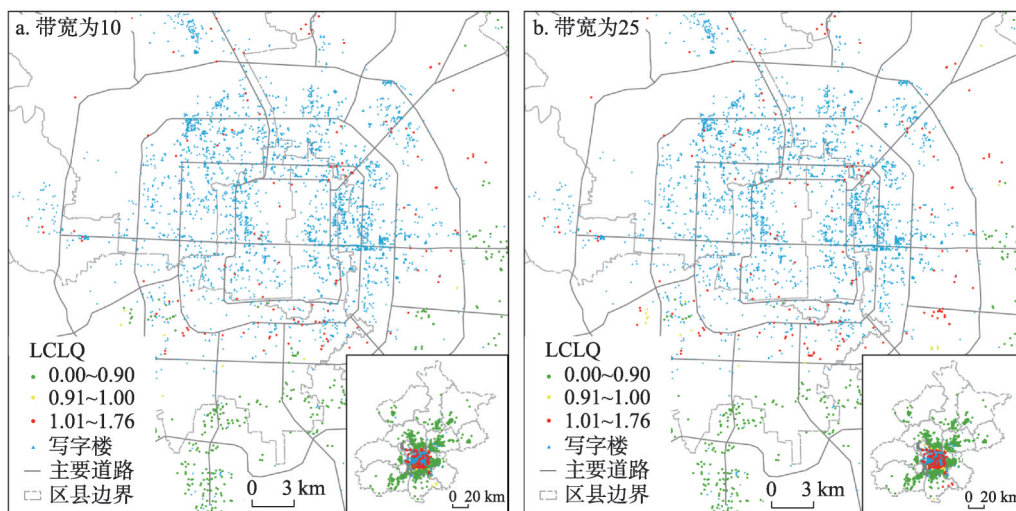


图10 北京低价位居民楼被写字楼吸引的局域协同区位商

Fig. 10 LCLQ of low-priced residential buildings attracted by office buildings (a. Bandwidth=10, b. Bandwidth=25)

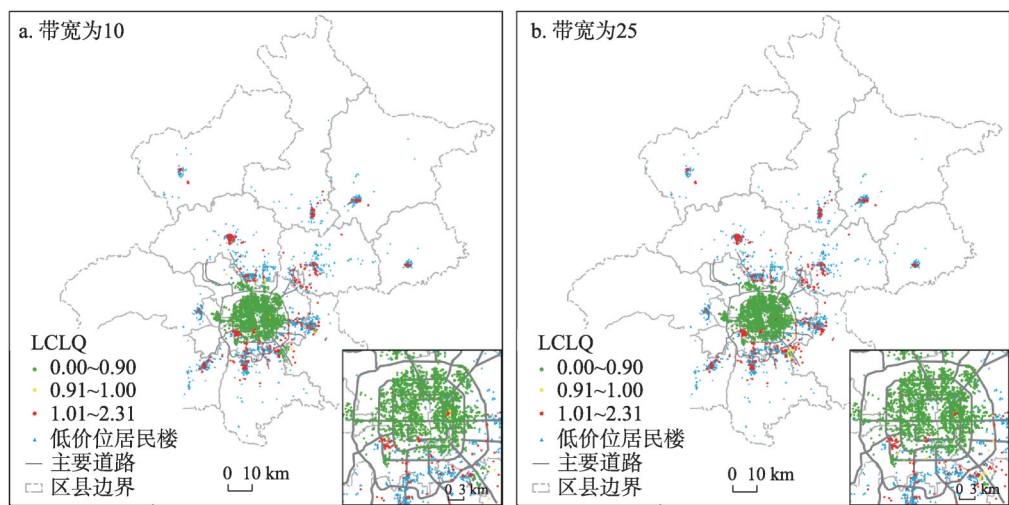


图 11 北京写字楼被低价位居民楼吸引的局域协同区位商
Fig. 11 LCLQ of office buildings attracted by low-priced residential buildings (a. Bandwidth=10, b. Bandwidth=25)

5 结论与讨论

2016年北京市写字楼与居民楼全局协同区位商值小于1，空间关联性较差，反映出北京城市写字楼与居民楼在空间分布上相对独立，就业和居住功能相对集中的总体格局；但不同区域、不同价位的居民楼与写字楼的要素关联强弱不同，比较而言，居民楼被写字楼吸引的程度都大于写字楼被居民楼吸引的程度，表明在一定程度上居民楼区位选择还是受到周边写字楼分布的影响，而写字楼选址对于周边的居住要素考虑相对较少。

协同区位商的局域指标对于理解要素关联的区域差异具有较好的帮助作用，本文发现，北京写字楼与居民楼空间关联局域特点差异明显，在不同区域写字楼与居民楼空间关联性特点不同，并且居民楼被写字楼吸引与写字楼被居民楼吸引的局域特征也表现出相反的趋势，可以发现随着距城市中心距离的增加，居民楼被写字楼吸引的强度逐渐减小，而写字楼被居民楼吸引的强度逐渐变大，这反映出北京城市中心作为就业密集区域和城市外围区域作为居住密集区域的城市功能所产生的客观效果。

在局域分析中还发现，北京城市职住要素空间关联在以长安街为线的南北区域差异十分显著，就居民楼被写字楼吸引而言，北城居民楼被写字楼吸引的强度大于南城，北城写字楼与居民楼的空间关联性较好，南城写字楼与居民楼的空间关联性相对较差，呈现出居民楼独立于写字楼分布的特点；就写字楼被居民楼吸引而言，北城写字楼被居民楼吸引的强度弱于南城，南城大部分区域内的写字楼都依附于居民楼分布而分布，这一发现再一次揭示了北京城市内部空间差异的巨大影响。

通过对北京市的实证分析，表明协同区位商作为一种测量点要素之间空间联系的方法，能够很好的运用到职住关系的研究中；协同区位商更加关注的是职住要素的空间位置关联程度，从要素空间同位模式研究职住关系，对丰富目前以通勤时间和通勤距离等反映职住要素分离程度为主的职住关系度量的指标体系具有很好的补充；同时，这种从要素本身的关联角度来研究城市空间结构，与地理学者近年来由基于相对静态的场所空间理论研究城市等级结构，转向更加关注由人流、物流和信息流构建的“流空间”的趋

势具有相似的逻辑^[30-31], 对深入理解从城市中居住、工作、游憩、交通功能分区具有重要意义。

从实践角度来看, 本文发现北京一些区域的职住要素的空间关联程度较弱, 在新版北京城市总体规划中, 已经提出城市规划和建设要关注职住平衡问题, 将来如果对职住要素的空间关联程度主要影响因素进一步全面分析, 在城市规划中增加职住要素本身相互吸引力, 将对北京居住地和就业中心的规划和布局发挥更好的指导作用。

参考文献(References)

- [1] Song Jinping, Wang Enru, Zhang Wenxin, et al. Housing suburbanization and employment spatial mismatch in Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(4): 387-396. [宋金平, 王恩儒, 张文新, 等. 北京住宅郊区化与就业空间错位. *地理学报*, 2007, 62(4): 387-396.]
- [2] Preston V, McLafferty S. Spatial mismatch research in the 1990s: Progress and potential. *Papers in Regional Science*, 2005, 78(4): 387-402.
- [3] Kain J F. Housing segregation, Negro employment and metropolitan decentralization. *The Quarterly Journal of Economics*, 1968, 82(2): 175-197.
- [4] Offner P, Saks D H. A note on John Kain's housing segregation, negro employment and metropolitan decentralization. *The Quarterly Journal of Economics*, 1971, 85(1): 147-160.
- [5] Wilson W J. *The Truly Disadvantaged: The Inner City, the Underclass and Public Policy*. Chicago: University of Chicago Press, 1987.
- [6] Leonard J S. The spatial mismatch hypothesis: Are there teenage jobs missing in the Ghetto?//Richard B. *The Black Youth Employment Crisis*. Chicago: University of Chicago Press, 1986: 147-187.
- [7] Kasarda J D. Urban industrial transition and the underclass. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 1989, 501(1): 26-47.
- [8] Kasarda J D. Urban change and minority opportunities//Peterson P. *The New Urban Reality*. Washington, DC: Brookings Institution, 1985: 33-67.
- [9] Zhou Jiangping. "Space mismatch" hypothesis and employment problems of vulnerable groups in cities: American related research and its enlightenment to China. *Modern Urban Research*, 2004, 19(9): 8-14. [周江评. “空间不匹配”假设与城市弱势群体就业问题: 美国相关研究及其对中国的启示. *现代城市研究*, 2004, 19(9): 8-14.]
- [10] Meng Bin. The spatial organization of the separation between jobs and residential locations in Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(12): 1457-1466. [孟斌. 北京城市居民职住分离的空间组织特征. *地理学报*, 2009, 64(12): 1457-1466.]
- [11] Sun Bindong, Li Nanfei, Song Jiejie, et al. A study on the impact of job-housing balance on commuting travels: An empirical test of a traditional idea in the field of urban planning. *Urban Planning Forum*, 2010(6): 55-60. [孙斌栋, 李南菲, 宋杰洁, 等. 职住平衡对通勤交通的影响分析: 对一个传统城市规划理念的实证检验. *城市规划学刊*, 2010(6): 55-60.]
- [12] Zhou Suhong, Liu Yulan. The situation and transition of jobs- housing relocation in Guangzhou, China. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(2): 191-201. [周素红, 刘玉兰. 转型期广州城市居民居住与就业地区位选择的空间关系及其变迁. *地理学报*, 2010, 65(2): 191-201.]
- [13] Liu Zhilin, Wang Maojun, Chai Yanwei. Spatial mismatch theory: A review on empirical research and methodology. *Human Geography*, 2010, 25(1): 1-6. [刘志林, 王茂军, 柴彦威. 空间错位理论研究进展与方法论评述. *人文地理*, 2010, 25(1): 1-6.]
- [14] Liu Wangbao, Weng Jichuan. Western space mismatching hypothesis and its inspiration on China's city development. *Planners*, 2008, 24(1): 91-94. [刘望保, 翁计传. 西方“空间不匹配”假说研究进展及其对中国城市的启示. *规划师*, 2008, 24(1): 91-94.]
- [15] Meng Xiaochen, Wu Jing, Shen Fanbu. The study review of urban jobs-housing balance. *Urban Development Studies*, 2009, 16(6): 23-28, 35. [孟晓晨, 吴静, 沈凡卜. 职住平衡的研究回顾及观点综述. *城市发展研究*, 2009, 16(6): 23-28, 35.]
- [16] Zhang Xuebo, Dou Qun, Zhao Jinli, et al. Comparative review and prospect of the jobs-housing spatial relationship. *World Regional Studies*, 2017, 26(1): 32-44. [张学波, 窦群, 赵金丽, 等. 职住空间关系研究的比较述评与展望. *世界*

地理研究, 2017, 26(1): 32-44.]

- [17] Liu Zhilin, Zhang Yan, Chai Yanwei. Home-work separation in the context of institutional and spatial transformation in urban China: Evidence from Beijing household survey data. *Urban Development Studies*, 2009, 16(9): 110-117. [刘志林, 张艳, 柴彦威. 中国大城市职住分离现象及其特征: 以北京市为例. *城市发展研究*, 2009, 16(9): 110-117.]
- [18] Zhang Yan, Chai Yanwei. Characteristics of commuting pattern in Beijing: Based on the comparison of different urban residential areas. *Geographical Research*, 2009, 28(5): 1327-1340. [张艳, 柴彦威. 基于居住区比较的北京城市通勤研究. *地理研究*, 2009, 28(5): 1327-1340.]
- [19] Jia Xiaopeng, Meng Bin, Zhang Yuanyuan. Analysis of the residents commuting behavior in different communities in Beijing city. *Areal Research and Development*, 2015, 34(1): 55-59, 70. [贾晓朋, 孟斌, 张媛媛. 北京市不同社区居民通勤行为分析. *地域研究与开发*, 2015, 34(1): 55-59, 70.]
- [20] Meng Bin, Yu Huili, Zheng Limin. The analysis of commuting behavior in the huge residential districts: A case study of Wangjing and Tiantongyuan in Beijing. *Geographical Research*, 2012, 31(11): 2069-2079. [孟斌, 于慧丽, 郑丽敏. 北京大型居住区居民通勤行为对比研究: 以望京居住区和天通苑居住区为例. *地理研究*, 2012, 31(11): 2069-2079.]
- [21] Liu Wangbao, Hou Changying. Urban residents' home-work space and commuting behavior in Guangzhou. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(3): 272-279. [刘望保, 侯长营. 转型期广州市城市居民职住空间与通勤行为研究. *地理科学*, 2014, 34(3): 272-279.]
- [22] Zhou Suhong, Yan Xiaopei. Characteristics of jobs-housing and organization in Guangzhou. *Scientia Geographica Sinica*, 2005, 25(6): 664-670. [周素红, 闫小培. 城市居住—就业空间特征及组织模式: 以广州市为例. *地理科学*, 2005, 25(6): 664-670.]
- [23] Sun Bindong, Pan Xin, Ning Yuemin. Analysis on influence of job-housing balance on commute travel in Shanghai. *Urban Planning Forum*, 2008(1): 77-82. [孙斌栋, 潘鑫, 宁越敏. 上海市就业与居住空间均衡对交通出行的影响分析. *城市规划学刊*, 2008(1): 77-82.]
- [24] Zheng Siqu, Cao Yang. The determinants of jobs-housing spatial relationship in Beijing. *Urban Studies*, 2009, 16(6): 29-35. [郑思齐, 曹洋. 居住与就业空间关系的决定机理和影响因素: 对北京市通勤时间和通勤流量的实证研究. *城市发展研究*, 2009, 16(6): 29-35.]
- [25] Meng Bin, Zheng Limin, Yu Huili. Commuting time change and its influencing factors in Beijing. *Progress in Geography*, 2011, 30(10): 1218-1224. [孟斌, 郑丽敏, 于慧丽. 北京城市居民通勤时间变化及影响因素. *地理科学进展*, 2011, 30(10): 1218-1224.]
- [26] Leslie T F, Kronenfeld B J. The colocation quotient: A new measure of spatial association between categorical subsets of points. *Spatial Geographical Analysis*, 2011, 43(3): 306-326.
- [27] Zhang Hong, Shi Haonan. Study on the spatial mismatch between tourism resources and tourism economy of Anhui province. *Areal Research and Development*, 2015, 34(4): 80-83, 115. [张洪, 时浩楠. 安徽省旅游资源与旅游经济的空间错位研究. *地域研究与开发*, 2015, 34(4): 80-83, 115.]
- [28] Isserman A M. The location quotient approach to estimating regional economic impacts. *Journal of the American Institute of Planners*, 1977, 43(1): 33-41.
- [29] Cromley R G, Hanink D M, Bentley G C. Geographically weighted colocation quotients: Specification and application. *The Professional Geographer*, 2014, 66(1): 138-148.
- [30] Gao Xin, Xiu Chunliang, Wei Ye. Study on the sinicization of "space of flows" basing on the visual angle of urban geography. *Human Geography*, 2012, 27(4): 32-36, 160. [高鑫, 修春亮, 魏冶. 城市地理学的“流空间”视角及其中国化研究. *人文地理*, 2012, 27(4): 32-36, 160.]
- [31] Yang Yanjie, Yin Dan, Liu Ziwen, et al. Research progress on the space of flow using big data. *Progress in Geography*, 2020, 39(8): 1397-1411. [杨延杰, 尹丹, 刘紫玟, 等. 基于大数据的流空间研究进展. *地理科学进展*, 2020, 39(8): 1397-1411.]

Spatial correlation analysis of residential and employment elements in Beijing based on collaborative location quotient

MENG Bin¹, GAO Liping², LI Ruoqian²

(1. College of Applied Arts and Science, Beijing Union University, Beijing 100191, China;

2. College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: Places of employment and residence are the main spaces in which urban residents work and live, as well as key elements of the urban spatial structure. Hence, thorough investigations of the spatial correlations of office and residential buildings are of great significance for the understanding of the spatial relationships of urban elements, especially that of job- housing relationships. In this study, the objects of the research were office and residential buildings in Beijing, China, and the global and local characteristics of the spatial relationships between job-housing elements were investigated using the collaborative location quotient method. The results demonstrate that: (1) The co-location quotient, a method used to measure the spatial correlations of point elements of a survey, can be effectively applied in studies of job- housing relationships, and contributes indicators and a method for the measurement of job-housing relationships. (2) The empirical analysis reveals that the global co-location quotient (GCLQ) of office and residential buildings in Beijing is below 1, indicating relatively weak spatial correlations of the job-housing elements in the city, which is consistent with the increasing job-housing separation. Overall, residential buildings are more attracted by office buildings, suggesting that the location selection of residential buildings is affected by the local distribution of office buildings, whereas the local distribution of office buildings is barely a consideration for the location selection of residential buildings. (3) The results of the local co-location quotient (LCLQ) demonstrate that the local relationships of office and residential buildings in Beijing vary significantly in space. As the distance from the urban center increases, the LCLQ of residential buildings to office buildings decreases, while the LCLQ of office buildings to residential buildings increases. Moreover, the spatial relationships of urban job-housing elements in the north and south areas of Beijing, the dividing line of which is Chang'an Avenue, are significantly different; the spatial correlation of office and residential buildings in the north area is relatively strong, while that in the south area is relatively weak (i.e., the distribution of residential buildings is independent of that of office buildings). Additionally, the result show that the spatial relationships of office and residential buildings are related to their prices. (4) Recently, researchers have turned from studies of the urban hierarchical structure based on theories of "the space of places" to studies of the trends of "the space of flows", namely population flow, logistics flow, and information flow. This study shares a similar logic, as it investigates the urban spatial structure from the perspective of elemental correlation. This research is of great significance for the understanding of the functional zones of living, working, recreation, and transportation in cities, and relevant studies will contribute to the reasonable spatial layout of job-housing elements in urban planning.

Keywords: job- housing relationship; element association; co- location quotient; co- location patterns; Beijing