

基于个体职住迁移的武汉郊区新城 职住动态平衡测度方法

牛强¹, 伍磊¹, 盛富斌^{1,2}, 吴宛娴¹

(1. 武汉大学城市设计学院 湖北省人居环境工程技术研究中心, 武汉 430072;
2. 浙江大学城乡规划设计研究院有限公司, 杭州 310030)

摘要: 郊区新城往往伴随着职住失衡。从行为视角来看,这主要是长周期建设中个体的职、住的单方面迁入和迁出造成的。然而,相关研究较少从个体职住迁移视角探究新城职住平衡动态过程,缺乏相关的分析方法,也未明晰其特征和规律。本文基于手机信令大数据,跟踪个体就业迁移和居住迁移的空间位置变化,提出了职住动态平衡的概念,以及用于测度和分析职、住迁入和迁出的同步、异步指数和职住动态平衡影响指数,以剖析职住动态平衡过程中的问题、动因、趋势,并以2017—2019年武汉郊区新城为例开展实证。研究发现:①武汉郊区新城以职住异步迁入为主,就业迁移比居住迁移数量更多;②各新城的职住平衡水平均偏低,但职住迁移促进了大多数新城的职住平衡水平;职住迁入大多推动了新城职住平衡,但迁出的影响也不容忽视,推动了部分新城的职住失衡;③武汉东南新城的职住平衡状态更易受到居住迁移影响,而居住迁入是其职住动态平衡的主要动力,应重点完善多元化居住结构。该方法能客观反映区域职住迁移的互动、职住平衡的动态过程和动因,对优化城市职住关系、制定职住空间供给政策有一定现实意义,也为后续理论研究提供了方法基础。

关键词: 郊区新城;个体职住迁移;职住动态平衡;测度方法;手机信令大数据

DOI: 10.11821/dlxb202312011

1 引言

郊区新城的建设往往会引起职住失衡^[1],导致交通拥堵、空间隔离、环境污染等系列问题^[2],这引起学者们和社会的高度关注。2020年习近平在《国家中长期经济社会发展战略若干重大问题》中就明确指出“要建设一批产城融合、职住平衡、生态宜居、交通便利的郊区新城,推动多中心、郊区化发展”。郊区新城的长周期建设中其内部的职住平衡水平也在动态变化,而造成职住失衡的直接原因在于个体的职、住单方面迁入和迁出。所以从个体的职住迁移行为视角展开郊区新城的职住平衡研究,能够精细化识别郊区新城职住平衡的动态过程,探索个体职、住迁移的互动机制,利于挖掘新城职住失衡的主导原因,预测职住平衡发展趋势。同时,也利于从人的需求出发构建职住平衡优化策略,丰富职住平衡的理论和分析方法。

为此,本文基于人口迁移流动提出了职住动态平衡的概念,重点分析职住人口迁移对职住关系的动态影响机理;然后在利用手机大数据识别和跟踪个体的就业和居住迁移行为的基础上,提出职、住迁入和迁出的同步、异步指数,以衡量导致职住关系动态变

收稿日期: 2022-08-31; 修订日期: 2023-03-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(52278075) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.52278075]

作者简介: 牛强(1978-),男,湖北宜昌人,博士,教授,博导,研究方向为信息时代的城乡规划、定量城市研究和规划分析。E-mail: niuqiang@whu.edu.cn

化的迁移行为结构；进而根据各类迁移导致的同、异区职住数变化提出职住动态平衡影响指数，精细化剖析各类迁移行为对职住平衡水平的影响程度，识别过程中的问题和原因，并以武汉市为例开展实证分析。

2 研究进展

“职住分离”始终与郊区密切相关。20世纪上半叶，西方大规模郊区化和城市空间重构^[3]导致了居民通勤成本上升、能源消耗和社会冲突。由此，Kain最早系统性总结了“空间错位”假说^[4]，认为就业郊区化和住房歧视造成有色人种的失业和长距离通勤，引发后续对弱势群体职住分离的广泛关注。时至今日，中国大城市郊区的职住分离与通勤拥堵程度仍高于其他地区^[5-6]。

近期国内外研究在职住平衡的概念、测度方法^[7-8]、内在机理^[9]、调控策略^[10]等方面做出有益探索。概念上，或认为居民中劳动者的数量和就业岗位的数量大致相等；或认为如果大多数通勤职工同时能在某一区域内居住、就业，那么该区域就实现了职住平衡^[11]；或认为平衡状态下通勤职工的平均职住通勤距离较近^[12]、时间较短^[13]等。方法上，侧重静态的、某一截面的职住人口平衡状态测度^[14]，例如职住比、自足度、就业居住离散度、空间相异指数等^[15]。机理上，已有研究发现政策背景^[16]、住房成本^[17]、收入水平^[18]、建成环境^[19]等影响职住平衡的因素。策略上，基于职、住空间的建设顺序、住区郊区化与产业郊区化间的互动关系^[20]等视角，提出了建设居住空间或增设就业岗位等措施，但扩张职住空间规模和平衡职住空间比不一定能改善职住关系^[21]。总体而言，当前对于职住匹配动态演化过程的研究还较为薄弱^[22]。

职住迁移行为是区域职住平衡/失衡的直接成因，也带来了城市空间重构。从居民视角来看，其居住迁移决策和工作迁移决策是显著正向相互联系的^[23]，即居住或工作迁移极有可能引发工作或居住的随迁^[24]，但也可能受到阻碍而导致随迁滞后甚至失灵。以北京市为例，其户籍人口为追求生活条件改善而迁居至新城，能够较快引发就业随迁；而暂住人口以就业为首要选择，在就业迁移后受购买力限制而无法实现短期内居住随迁，从而造成职住失衡^[25]。同时，这些迁入人群可能带动该区域的城镇化建设与空间扩展^[26]，从而带动后续迁移；也会改变该区域的社会结构，可能形成“空间隔离”^[27]而阻碍其他人口的迁入。限于数据瓶颈，国内对于居住迁移、就业迁移，以及它们两者互动关系的探索还不成熟^[28]，关于个体职住迁移和职住平衡的关系研究更少。

当下大数据为个体职、住迁移和职住平衡研究提供了新渠道。通勤轨迹数据^[29]、微博签到数据^[30]、百度热力图数据^[8]以及手机信令数据^[31]等大数据在识别居住地、就业地和通勤距离等方面具有极大优势。且随着时序大数据的积累，追踪长周期的迁居、换岗行为也成为可能，例如王德等基于多年份的手机信令数据对上海居民就业地迁移行为开展长时序追踪分析^[32]，牛强等用类似方法识别武汉居民居住迁移行为的空间分布特征^[33]。但是目前相关研究仍较少，尚未形成利用时序大数据分析职、住迁移互动行为的系统研究方法，更是少有基于迁移行为大数据来分析职住关系演变过程的研究。

3 职住动态平衡的原理和分析方法

3.1 职住动态平衡的内涵和原理：职住迁移同、异步导致的职住同、异区变化

现有研究表明，受职住空间供给、政策、个体属性等影响，职住人口不断迁入、迁

出，区域职住关系也随之变化。本文将这种区域职住平衡水平受人口职住迁移影响而动态变化的过程，称为职住动态平衡。较之职住平衡主要关注平衡的结果，职住动态平衡重点关注平衡的过程，即引发职住关系改变的那些人口迁移对职住平衡的影响。

在职住迁移影响下，区域职住关系趋向于平衡或是失衡。因此本文认为衡量职住动态平衡的准则应当是：某一区域在一定时段内人口迁移对职住平衡的影响，如果迁移导致职住平衡水平的提升就是推进了职住动态平衡，反之则导致职住动态失衡。

因此，以迁移前后职住是否同区作为标准，将人口迁移行为细分为10类（图1）：以就业迁入同步为例，基期年在研究区域居住、外地就业的个体，在研究期间将就业迁入至研究区域，最终由职住分离转变成了职住同区，推动了区域职住平衡。总的来看，这10种行为中有5种能够推动区域职住平衡，即居住迁入同步、就业迁入同步、职住同时迁入、居住迁出同步、就业迁出同步，而其余5种则将导致区域职住失衡。

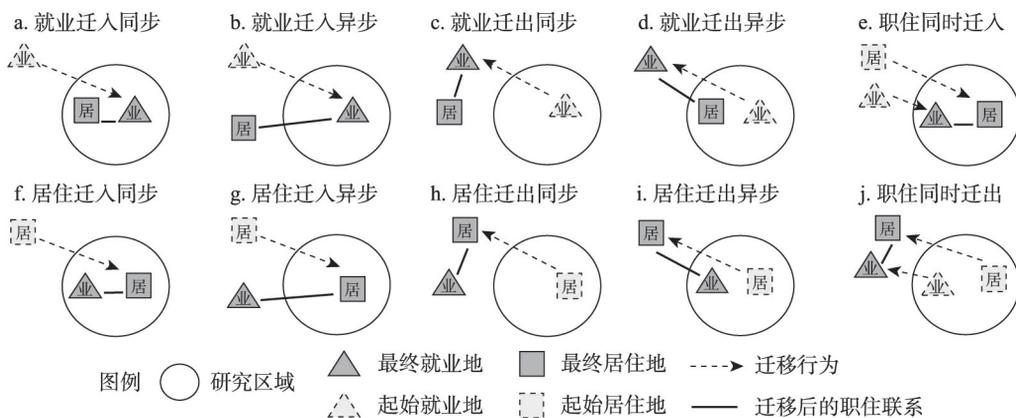


图1 职住迁移同步/异步的概念图

Fig. 1 The conceptual schema of synchronous and asynchronous individual jobs-housing migration

那么如何计算各类人口迁移对职住平衡水平的总体影响呢？传统的职住平衡水平主要关注职住同区人数占比，然而如果转换到基于迁移的职住动态平衡视角，就会发现迁移既能带来同区，也能带来异区（即职住不在同一区域），两方面都不能忽视。由于职住动态平衡主要考察职住关系变化量对平衡的影响，本文将某区域一定时期内因迁移导致的同区职住数量变化率和异区职住数量变化率之间的差值作为衡量职住动态平衡的准则，称之为职住动态平衡影响指数 E （简称影响指数）。具体公式如下：

$$E = R_S - R_D \quad (1)$$

$$R_S = \Delta S / S_0 \quad (2)$$

$$R_D = \Delta D / D_0 \quad (3)$$

式中： E 为职住动态平衡影响指数； R_S 为同区职住数量变化率； R_D 为异区职住数量变化率； ΔS 为同区职住数变化量； S_0 为基期年同区职住数量（简称同区数）； ΔD 为异区职住数变化量； D_0 为基期年异区职住数量（简称异区数，职住数量指职和住各自的人数，职住同区数量等于2倍职住同区人数）。

职住动态平衡影响指数 E 可以反映：相比基期年，研究时段人口迁移导致的职住关系改变对职住平衡的影响，其值的正负和大小与传统职住平衡指数的变化方向和程度是一致的。为验证 E 指数的有效性，本文在融合就业自足度和居住自足度的基础上提出更为综合的职住同区数占比 P ：

$$P = \frac{C_{\text{职住同}} \times 2}{C_{\text{职住同}} \times 2 + C_{\text{职住异}}} \quad (4)$$

式中： P 为职住同区数占比； $C_{\text{职住同}}$ 为职住同区人数； $C_{\text{职住异}}$ 为职住异区人数，职住同区人数乘以2的理由同前。推导可得，当 $R_s > R_D$ ，即 $E > 0$ 时， P 会提升，即推动职住平衡，且两者差值越大， P 提升越大；反之亦然；若 $R_s = R_D$ ，即 $E = 0$ 时，研究区域的职住同区数占比不会发生变化。

由于迁移行为可分为就业迁入、迁出和居住迁入、迁出，因此在公式（1）的基础上，可以精细化地分析每类迁移行为对职住平衡的影响，具体计算方法见下文3.3。

3.2 职住迁移行为的测度:职住迁移的同、异步指数

本文提出职住迁移的同步指数、异步指数，用以比较不同区域的10类迁移行为之间的数量关系。具体指某区域一定时期内特定迁移行为带来的职住数量变化在该区域各类迁移行为带来的职住数量变化总和中的占比，相当于其归一化值（表1）。同步指数和职住同时迁入指数越高越有利于职住平衡，异步指数和职住同时迁出指数越高越不利于职住平衡。需要说明的是同步指数大于异步指数并不一定导致职住平衡，这还取决于基期年的职住平衡水平，假如基期年职住平衡水平很高，即使同步指数和异步指数相同也会拉低期末的职住平衡水平。

表1 职住异步指标体系表

Tab. 1 Synchronous and asynchronous indicator systems for jobs-housing migration

| 序号 | 名称 | 公式 | 说明 | 意义 |
|------|--------------------------|---|--|--------------------------------|
| (5) | 就业迁入同步指数 $I_{\text{业同}}$ | $I_{\text{业同}} = m_{\text{业同}}/S$ | $m_{\text{业同}}$ 为研究时间内某区域就业同步迁入的人数 | 归一化各类迁移行为涉及的职住数量变化，便于区域之间的行为对比 |
| (6) | 就业迁入异步指数 $I_{\text{业异}}$ | $I_{\text{业异}} = m_{\text{业异}}/S$ | $m_{\text{业异}}$ 为研究时间内某区域就业异步迁入的人数 | |
| (7) | 居住迁入同步指数 $I_{\text{居同}}$ | $I_{\text{居同}} = m_{\text{居同}}/S$ | $m_{\text{居同}}$ 为研究时间内某区域居住同步迁入的人数 | |
| (8) | 居住迁入异步指数 $I_{\text{居异}}$ | $I_{\text{居异}} = m_{\text{居异}}/S$ | $m_{\text{居异}}$ 为研究时间内某区域居住异步迁入的人数 | |
| (9) | 职住同时迁入指数 $I_{\text{同时}}$ | $I_{\text{同时}} = 2 \times m_{\text{居业同}}/S$ | $m_{\text{居业同}}$ 为研究时间内某区域职住同时迁入的人数，由于其带来职、住数的同时增长，故计算2倍 | |
| (10) | 就业迁出同步指数 $O_{\text{业同}}$ | $O_{\text{业同}} = n_{\text{业同}}/S$ | $O_{\text{业同}}$ 为研究时间内某区域就业同步迁出的人数 | |
| (11) | 就业迁出异步指数 $O_{\text{业异}}$ | $O_{\text{业异}} = n_{\text{业异}}/S$ | $O_{\text{业异}}$ 为研究时间内某区域就业异步迁出的人数 | |
| (12) | 居住迁出同步指数 $O_{\text{居同}}$ | $O_{\text{居同}} = n_{\text{居同}}/S$ | $O_{\text{居同}}$ 为研究时间内某区域居住同步迁出的人数 | |
| (13) | 居住迁出异步指数 $O_{\text{居异}}$ | $O_{\text{居异}} = n_{\text{居异}}/S$ | $O_{\text{居异}}$ 为研究时间内某区域居住异步迁出的人数 | |
| (14) | 职住同时迁出指数 $O_{\text{同时}}$ | $O_{\text{同时}} = 2 \times n_{\text{居业同}}/S$ | $O_{\text{居业同}}$ 为研究时间内某区域职住同时迁出的人数，由于其带来职、住数的同时减少，故计算2倍 | |
| (15) | 各类迁移带来职住数量变化总和 S | $S = m_{\text{业同}} + m_{\text{业异}} + m_{\text{居同}} + m_{\text{居异}} + m_{\text{居业同}} \times 2 + n_{\text{业同}} + n_{\text{业异}} + n_{\text{居同}} + n_{\text{居异}} + n_{\text{居业同}} \times 2$ | | |

3.3 职住动态平衡的测度:职住迁移对职住同、异区数量变化率的影响

① 明晰各类迁移行为对职住同区数、异区数的影响机制。以居住同步迁入为例，假设发生该行为的有 $m_{\text{居同}}$ 人，那么迁入后会新增 $m_{\text{居同}}$ 个同区居住，同时还会将本区域 $m_{\text{居同}}$ 个异区就业转化为同区就业，综合起来对职住同区数的影响是新增 $2m_{\text{居同}}$ ，对职住异区数的影响是减少 $m_{\text{居同}}$ ，对职住总数的影响是增加 $m_{\text{居同}}$ 。类似地，对其他迁移行为做影响分析，结果如表2所示。② 按照就业、居住的迁入、迁出，分别汇总其带来的职住同区数变化率以及职住异区数变化率（表3）。③ 根据公式（1）通过比较同、异区变化率来识别影响水平的原理，在表3基础上，进一步构建职住动态平衡影响指数，用以综合衡量各类职、住迁移行为对该区域职住平衡状态的影响。具体公式为：

表2 职住迁移行为对职住平衡的影响机制

Tab. 2 The impact of individual migration behaviors on job-housing balance

| 迁移类型 | 示意 | 对职住同区数的影响 | 对职住异区数的影响 | 对职住总数的影响 | 说明 |
|----------------------|----|------------|-----------|------------|---|
| 原始状态 | | - | - | - | |
| 居住同步迁入 $m_{居同}$ 人 | | $2m_{居同}$ | $-m_{居同}$ | $m_{居同}$ | 新增 $m_{居同}$ 个同区居住,同时将 $m_{居同}$ 个异区就业转化为同区就业 |
| 就业同步迁入 $m_{业同}$ 人 | | $2m_{业同}$ | $-m_{业同}$ | $m_{业同}$ | 新增 $m_{业同}$ 个同住就业,同时将 $m_{业同}$ 个异区居住转化为同区居住 |
| 职住同时迁入 $m_{同时}$ 人 | | $2m_{同时}$ | 无影响 | $2m_{同时}$ | 增加 $m_{同时}$ 个同区居住和 $m_{同时}$ 个同区就业 |
| 居住异步迁入 $m_{居异}$ 人 | | 无影响 | $m_{居异}$ | $m_{居异}$ | 增加 $m_{居异}$ 个异区居住 |
| 就业异步迁入 $m_{业异}$ 人 | | 无影响 | $m_{业异}$ | $m_{业异}$ | 增加 $m_{业异}$ 个异区就业 |
| 居住同步迁出 $n_{居同}$ 人 | | 无影响 | $-n_{居同}$ | $-n_{居同}$ | 减少 $n_{居同}$ 个异区居住 |
| 就业同步迁出 $n_{业同}$ 人 | | 无影响 | $-n_{业同}$ | $-n_{业同}$ | 减少 $n_{业同}$ 个异区就业 |
| 职住同时迁出 $n_{同时}$ 人 | | $-2n_{同时}$ | 无影响 | $-2n_{同时}$ | 减少 $n_{同时}$ 个同区居住和 $n_{同时}$ 个同区就业 |
| 居住异步迁出 $n_{居异}$ 人 | | $-2n_{居异}$ | $n_{居异}$ | $-n_{居异}$ | 减少 $n_{居异}$ 个同区居住,同时将 $n_{居异}$ 个同区就业转化为异区就业 |
| 就业异步迁出 $n_{业异}$ 人 | | $-2n_{业异}$ | $n_{业异}$ | $-2n_{业异}$ | 减少 $n_{业异}$ 个同区就业,同时将 $n_{业异}$ 个同区居住转化为异区居住 |

注：黑色表示职住同区人数；灰色表示本地就业、外地居住人数；白色表示本地居住、外地就业人数；红框表示增加部分；蓝框表示减少部分。

表3 职住同异区变化率的计算公式表

Tab. 3 Calculation method for the change rate of synchronous and asynchronous zones based on individual jobs-housing migration

| 序号 | 名称 | 公式 | 说明 |
|------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------|
| (16) | 就业迁入同区变化率 $R_{S业入}$ | $R_{S业入} = 2m_{业同}/S_0$ | 就业迁入导致的职住同区数量变化率 |
| (17) | 就业迁入异区变化率 $R_{D业入}$ | $R_{D业入} = (m_{业异} - m_{业同})/D_0$ | 就业迁入导致的职住异区数量变化率 |
| (18) | 居住迁入同区变化率 $R_{S居入}$ | $R_{S居入} = 2m_{居同}/S_0$ | 居住迁入导致的职住同区数量变化率 |
| (19) | 居住迁入异区变化率 $R_{D居入}$ | $R_{D居入} = (m_{居异} - m_{居同})/D_0$ | 居住迁入导致的职住异区数量变化率 |
| (20) | 职住同时迁入同区变化率 $R_{S同入}$ | $R_{S同入} = 2m_{同时}/S_0$ | 职住同时迁入导致的职住同区数量变化率 |
| (21) | 就业迁出同区变化率 $R_{S业出}$ | $R_{S业出} = -2n_{业异}/S_0$ | 就业迁出导致的职住同区数量变化率 |
| (22) | 就业迁出异区变化率 $R_{D业出}$ | $R_{D业出} = (n_{居异} - n_{业同})/D_0$ | 就业迁出导致的职住异区数量变化率 |
| (23) | 居住迁出同区变化率 $R_{S居出}$ | $R_{S居出} = -2n_{居异}/S_0$ | 居住迁出导致的职住同区数量变化率 |
| (24) | 居住迁出异区变化率 $R_{D居出}$ | $R_{D居出} = (n_{居同} - n_{居异})/D_0$ | 居住迁出导致的职住异区数量变化率 |
| (25) | 职住同时迁出同区变化率 $R_{S同出}$ | $R_{S同出} = -2 \times n_{同时}/S_0$ | 职住同时迁出导致的职住同区数量变化率 |

$$E_{业入} = R_{S业入} + \frac{1}{2}R_{S同入} - R_{D业入} \quad (26)$$

$$E_{居入} = R_{S居入} + \frac{1}{2}R_{S同入} - R_{D居入} \quad (27)$$

$$E_{\text{业出}} = R_{\text{S业出}} + \frac{1}{2}R_{\text{S同出}} - R_{\text{D业出}} \quad (28)$$

$$E_{\text{居出}} = R_{\text{S居出}} + \frac{1}{2}R_{\text{S同出}} - R_{\text{D居出}} \quad (29)$$

式中： $E_{\text{业入}}$ 为就业迁入影响指数，代表就业同步、异步迁入和职住同时迁入对职住平衡的影响水平； $E_{\text{居入}}$ 为居住迁入影响指数； $E_{\text{业出}}$ 为就业迁出影响指数； $E_{\text{居出}}$ 为居住迁出影响指数。需要说明，由于职住同时迁入是两个迁移行为共同作用的结果，故在单独计算就业迁入、或居住迁入的影响时需要折半，职住同时迁出同理。

按照这一思路，分别探讨职住迁入、职住迁出、就业迁移、居住迁移对区域职住动态平衡的影响，具体公式为：

$$E_{\text{入}} = E_{\text{业入}} + E_{\text{居入}} \quad (30)$$

$$E_{\text{出}} = E_{\text{业出}} + E_{\text{居出}} \quad (31)$$

$$E_{\text{业}} = E_{\text{业入}} + E_{\text{业出}} \quad (32)$$

$$E_{\text{居}} = E_{\text{居入}} + E_{\text{居出}} \quad (33)$$

式中： $E_{\text{入}}$ 为职住迁入影响指数；代表就业和居住迁入对职住平衡的影响水平； $E_{\text{出}}$ 为职住迁出影响指数； $E_{\text{业}}$ 为就业迁移影响指数； $E_{\text{居}}$ 为居住迁移影响指数。

最后，得到职住迁移对总体职住平衡的影响，公式为：

$$E_{\text{总}} = E_{\text{入}} + E_{\text{出}} = E_{\text{业}} + E_{\text{居}} = \sum R_{\text{S}} - \sum R_{\text{D}} \quad (34)$$

式中： $E_{\text{总}}$ 为总体影响指数，是所有职住迁移行为对区域职住动态平衡的影响。

4 武汉郊区新城职住动态平衡的分析实证

4.1 研究区域

武汉地处中国中部、湖北省东部，长江和汉江交汇处，是近年来“大都市化”迅速发展的重点城市，人口增长的空间不断向外扩展，人口郊区化迁移现象显著。根据《武汉市城市总体规划（2010—2020年）》的设想，武汉市构建1个中心城区和6个郊区新城的武汉都市发展区，作为未来主要的集聚区和拓展区，总用地面积3261 km²（图2）。本文以此为依据，划定中心城区和6个近郊区新城的边界，以这7个区域为基本分析单元，开展职住动态平衡的研究。都市发展区外的远郊区由于职住人口较少、迁移特征不显著，且基站分布稀疏导致数据不够准确，本文暂不考虑。

4.2 研究数据

本文主要使用的是由智慧足迹（Smartsteps）平台提供的武汉市联通手机信令数据，具体时段为2017年6月份整月和2019年6月份整月。本文将年龄在19~54岁^①的联通核心用户（即该月在武汉停留10 d及以上的常住人口）作为研究对象，依据现有经验^[34]，将

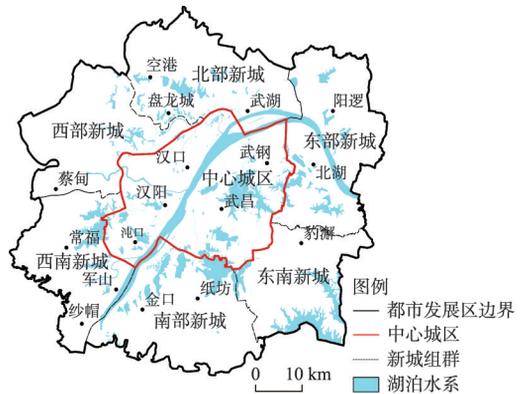


图2 研究范围

Fig. 2 The study context

① 根据中国现行标准，一般职工退休的年龄标准为50~60岁，其中女性为55周岁，在此取55岁为退休年龄。

用户在该月每日9:00—17:00的累加驻留时间最长位置识别为就业地，将每日21:00至次日8:00的累加驻留时间最长位置识别为居住地。

为追踪个体的职住变化，本文通过手机信令数据中的用户唯一识别号识别出研究时段首尾的同一用户，并从中筛选出两个时期均具有居住和就业地信息的用户，共计321110人，约占2017年武汉市统计数据^②当年总就业人口数的5.69%。其中，在2017—2019年中发生居住跨区迁移或就业跨区迁移任一行为的共计80317人。

为检验上述所获取数据的代表性和可靠性，本文选取完全处于都市发展区范围内的武昌区、汉阳区、洪山区、江岸区、江汉区、青山区和硚口区（占武汉都市发展区总人数的比例超过70%），检验2017年武汉市统计年鉴中常住人口数与前述手机信令数据用户落在各区内居住总人口的相关性。经过计算，两者呈现显著强正相关，皮尔逊系数为0.901。关于工作地抽样识别数据的准确性，由于缺乏经济普查数据，暂无法实现。考虑到联通就业地采用与居住地相似的识别方式，且居住地分布符合真实居住空间分布，因此认为就业地也基本反映真实的工作空间分布。

4.3 武汉市郊区新城职住迁移的同异步特征

根据上述方法，针对武汉都市发展区内的6个郊区新城和中心城区，首先识别出职、住跨区域同异步迁入或迁出的就业人群，图3、图4为该人群的迁入地或迁出地的空间分布（1000 m搜索半径的核密度）。然后根据公式（5）~（15）计算武汉都市发展区内6个郊区新城和中心城区的职、住迁入和迁出的同步、异步指数，结果如表4所示。

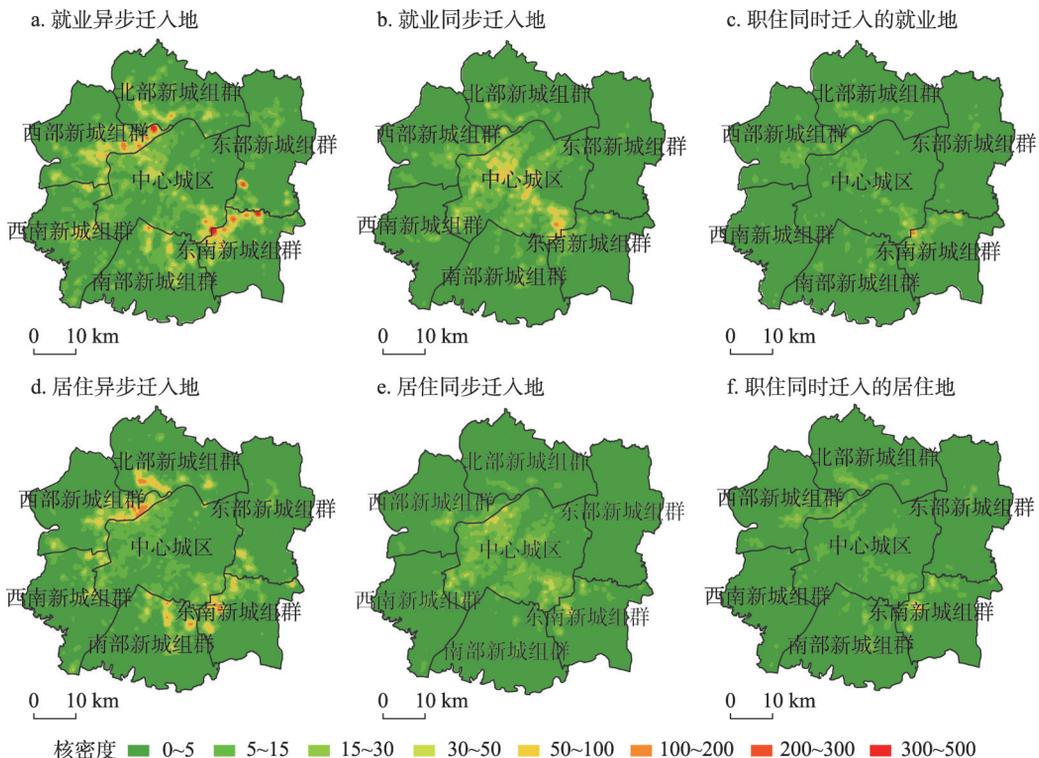


图3 2017—2019年武汉市跨区职住迁入地的核密度

Fig. 3 Kernel density analysis of cross-district destination based on jobs-housing migration in Wuhan, 2017-2019

② 数据来源：武汉市统计局统计年鉴数据（<http://tjj.wuhan.gov.cn/tjfw/tjnj/>）。

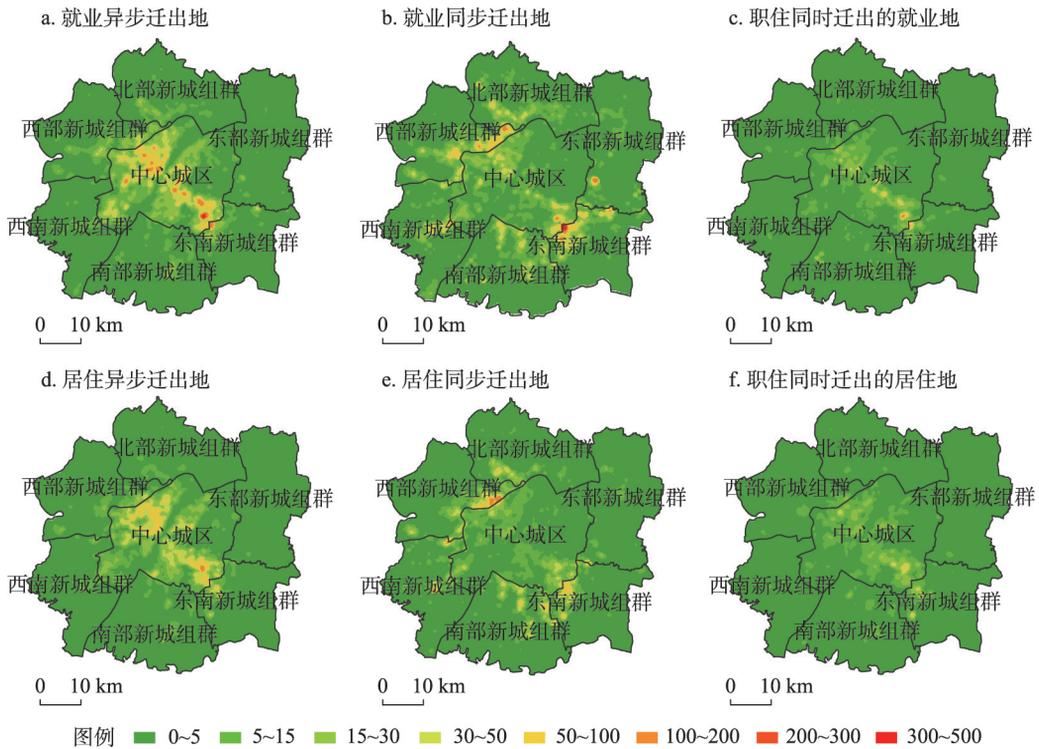


图4 2017—2019年武汉跨区职住迁出地的核密度

Fig. 4 Kernel density analysis of cross-district origination based on jobs-housing migration in Wuhan, 2017-2019

表4 武汉市郊区新城的职住迁移的同异步指数

Tab. 4 The synchronous and asynchronous indices of individual jobs-housing migration in Wuhan suburban new cities

| | 东部新城 | 东南新城 | 南部新城 | 西南新城 | 西部新城 | 北部新城 | 中心城区 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 就业迁入同步指数 $I_{业同}$ | 0.033 | 0.039 | 0.050 | 0.046 | 0.057 | 0.060 | 0.151 |
| 居住迁入同步指数 $I_{居同}$ | 0.018 | 0.043 | 0.025 | 0.041 | 0.039 | 0.029 | 0.095 |
| 职住同时迁入指数 $I_{同时}$ | 0.096 | 0.116 | 0.092 | 0.084 | 0.094 | 0.110 | 0.060 |
| 就业迁入异步指数 $I_{业异}$ | 0.281 | 0.259 | 0.192 | 0.241 | 0.231 | 0.223 | 0.057 |
| 居住迁入异步指数 $I_{居异}$ | 0.162 | 0.113 | 0.187 | 0.160 | 0.175 | 0.199 | 0.032 |
| 就业迁出同步指数 $O_{业同}$ | 0.221 | 0.211 | 0.171 | 0.196 | 0.171 | 0.178 | 0.078 |
| 居住迁出同步指数 $O_{居同}$ | 0.085 | 0.081 | 0.154 | 0.142 | 0.132 | 0.108 | 0.059 |
| 职住同时迁出指数 $O_{同时}$ | 0.057 | 0.068 | 0.071 | 0.042 | 0.040 | 0.040 | 0.122 |
| 就业迁出异步指数 $O_{业异}$ | 0.032 | 0.043 | 0.035 | 0.028 | 0.039 | 0.039 | 0.205 |
| 居住迁出异步指数 $O_{居异}$ | 0.015 | 0.026 | 0.023 | 0.020 | 0.022 | 0.015 | 0.142 |

通过比较指标的量值可以发现：①从迁入来看，所有新城的就业迁入异步指数均高于其他指数，特别是东部和东南，说明各新城的就业单方面迁入占比高，就业吸引力强。此外，各新城的居住迁入异步指数基本位于第二高，说明各新城吸引居住单方面迁入的能力也很强。但是就业和居住迁入的同步指数均较低，说明在职或住单方面迁入后，只有很少数量的人完成了住或职的随迁；另外，职住同时迁入指数均远高于就业和居住迁入同步指数，甚至大于两者之和。②从迁出来看，所有新城的就业迁出同步指数均最高、居住迁出同步指数第二高，说明各新城难以留住仅在新城内就业或居住的职住

异区人口，带来人口净流出，但同时这也减少了职住异区的数量，能推进职住平衡。另外存在较小比例的就业、居住迁出异步，这会带来职住错位。最后不容忽视的是各新城还存在不少比例的职住同时迁出现象，带来职住人口净流出。

通过比较指标之间的数量关系可以发现：① 各新城迁入和迁出之比约为6:4，职住迁入、迁出均对区域职住平衡产生了较大影响。迁入指数总体高于迁出指数，说明武汉新城整体上以人口迁入为主，人口正在从中心城区向郊区新城迁移。其中，东部、西部、北部新城的人口迁入最为明显。② 就业迁移比居住迁移平均高40%，就业迁移比居住迁移更频繁。就业迁入高于居住迁入、就业迁出高于居住迁出，说明就业迁入是郊区新城人口流入的主要动力，而就业迁出现象也不容忽视。例如，东南新城、东部新城的就业迁入、迁出均为最高。③ 职和住迁入的异步之和均远大于同步之和，是后者的2~3倍，且职、住迁入异步均大于对应同步，说明武汉各新城以职、住单方面迁入为主，住、职的随迁不够充分，其中以东部新城为典型代表。④ 职和住迁出的同步之和均远大于异步之和，是后者的5~7倍，且职、住迁出同步均大于对应异步，表明职住异区是新城人口流失的重要成因之一，而在新城已实现职住同区的人较少迁出。⑤ 职、住迁入异步指数和职、住迁出同步指数均很高，这意味着武汉各新城在职、住单方面迁入后并不能很好地激发后续住、职的随迁，而是随即又迁出，带来较高的流动性。

总体来看，武汉市郊区新城的职、住迁入和迁出均对区域职住平衡产生明显影响，其中职或住的迁入异步远高于迁入同步，迁出同步远高于迁出异步，并且就业迁移相比居住迁移数量更多。这说明郊区新城以就业单方面迁入为主，而居住随迁滞后，且单方面迁入的就业人口往往面临高流失风险。相比之下，中心城区则呈现相反特征：迁入同步远高于迁入异步，说明当前时期武汉市中心城区相较新城而言职住匹配能力更强，职、住迁入形成良性互动。上述结果验证了该方法在个体职住迁移研究上的效力。

4.4 武汉市郊区新城的职住动态平衡特征

根据公式(26)~(34)，计算各新城就业、居住的迁入迁出对职住平衡的影响，得到各类职住动态平衡影响指数(表5)。根据公式(4)求得2017年和2019年武汉郊区各新城的职住同区数占比，以及中心城区的计算结果，用作参照。

具体解析为：① 从总体影响指数来看，大部分新城为正，说明相比基期年，迁移大多推进了职住平衡，但东部新城的迁移不利于职住平衡。② 从职住迁入影响指数、职住迁出影响指数来看，迁入大多推进职住平衡，但迁出的影响也不容忽视，有3个新城的

表5 武汉郊区新城的职住动态平衡影响指数

Tab. 5 The impact index of dynamic jobs-housing balance in Wuhan suburban new cities

| | 东部新城 | 东南新城 | 南部新城 | 西南新城 | 西部新城 | 北部新城 | 中心城区 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 总体影响指数 | -0.100 | 0.077 | 0.026 | 0.242 | 0.155 | 0.191 | -0.104 |
| 职住迁入影响指数 | -0.182 | 0.227 | -0.056 | 0.242 | 0.203 | 0.245 | 0.265 |
| 职住迁出影响指数 | 0.082 | -0.150 | 0.082 | 0.000 | -0.048 | -0.055 | -0.369 |
| 就业迁移影响指数 | -0.045 | -0.028 | 0.046 | 0.097 | 0.069 | 0.140 | -0.059 |
| 居住迁移影响指数 | -0.055 | 0.105 | -0.020 | 0.144 | 0.086 | 0.051 | -0.044 |
| 就业迁入影响指数 | -0.135 | 0.015 | 0.019 | 0.093 | 0.113 | 0.192 | 0.160 |
| 就业迁出影响指数 | 0.090 | -0.043 | 0.028 | 0.005 | -0.044 | -0.052 | -0.219 |
| 居住迁入影响指数 | -0.047 | 0.212 | -0.074 | 0.149 | 0.090 | 0.053 | 0.105 |
| 居住迁出影响指数 | -0.008 | -0.107 | 0.055 | -0.005 | -0.004 | -0.002 | -0.150 |
| 2017年职住同区数占比 | 0.435 | 0.372 | 0.484 | 0.323 | 0.362 | 0.343 | 0.861 |
| 2019年职住同区数占比 | 0.413 | 0.388 | 0.490 | 0.371 | 0.394 | 0.380 | 0.848 |

迁出不利于职住平衡。总体上迁入的影响大于迁出。③从就业和居住迁移影响指数来看,影响差异较大。其中东部新城是就业和居住迁移共同导致失衡,东南新城是就业迁移导致失衡,而居住迁移推动平衡;南部新城是居住迁移导致失衡,而就业迁移导致平衡;其他新城是居住和就业迁移均推动职住平衡。④从就业和居住迁入的影响指数来看,大多数新城为正,说明该时期职、住迁入均有利于新城职住平衡。例外的是,东部新城的就业和居住迁入、南部新城的居住迁入导致失衡,说明其单方面职、住迁入数量较多。⑤从就业和居住迁出的影响指数来看,大多数新城为负,说明职、住迁出一般不利于新城职住平衡。然而,东部新城的就业迁出有利于职住平衡,说明东部新城的单方面就业人口较多,迁出后对该城职住平衡有利;南部新城的就业、居住迁出均有利于职住平衡,说明该区域的职住错位较严重。⑥从职住动态平衡的动力来看,东部新城的主要动力是就业迁出,西部、北部新城的主要动力是就业迁入,东南、西南新城的主要动力是居住迁入,南部新城保持稳定。新城间职住动态平衡的动力存在差异的主要原因,可能是因为它们处于不同的发展阶段。新城早期以职、住单方面迁入作为人口增长的动力,但职住互动机制尚不完善,缺乏住和职的随迁以形成稳定人口,所以这些人口往往也容易流失,从而表现出迁出主导的动态平衡状态,例如东部新城(阳逻);新城中期职住迁移互动机制相对较好,在职、住迁入后能够较好引发住、职随迁,其中居住先行的新城以就业迁入为职住平衡的主要动力,如西部新城(东西湖),而产业先行的新城则以居住迁入为主要动力,东南新城(光谷科学城)、西南新城(汽车城)。北部新城可能是由于地方政策扶持,2017年提出长江新城战略后带来区域职住平衡状态明显提升。

总体而言,武汉市郊区新城的职住平衡水平平均偏低,但平衡状态整体在向好的方向发展。这与职住同区数占比的变化趋势完全一致,但通过系列影响指数还能反映出迁入和迁出、就业迁移和居住迁移等对职住平衡水平的精细化影响。分析发现,职住迁入对职住平衡的影响一般高于职住迁出;就业迁移和居住迁移对区域职住平衡的影响则因城而异,取决于新城的发展阶段,以及本身的职、住状态等。上述结果证明了该方法在研究职住动态平衡过程上的效力。

4.5 武汉市东南新城职住动态平衡的典型解读

本文以武汉东南新城为例(表6),详述职住动态平衡分析的结果解析和应用。

东南新城的总体影响指数大于0,说明该区域职住平衡趋势总体向好。其中,职住迁入明显有利于职住平衡,而居住迁入对区域职住平衡的正面影响最大,说明东南新城正处于就业吸引居住的良性发展期。从表4可看出,东南新城的职住同时迁入指数 $I_{同时}$ 与居住迁入同步指数 $I_{居同}$ 之和在6个新城中最大,表明该区域就业的职住分离人口正在逐步迁居至此,这也是东南新城职住总体趋向平衡的关键因素。

同时,职住迁出对东南新城的职住平衡产生了较大的负面影响。其中,居住迁出的负面影响较大,从表4可看出,东南新城的居住迁出异步指数 $O_{居异}$ 在所有新城最高,职住同时迁出指数 $O_{同时}$ 第2,这说明此区域的居住条件可能存在一定问题,本来职住同区的人为追求更好的居住环境、服务配套等而搬离此地,带来职住失衡。并且值得注意的是,东南新城的就业迁出同步指数 $O_{业同}$ 也非常高,即不在该城居住的就业者有很高比例将就业搬离,如此会引发恶性循环。

表6 武汉东南新城的职住动态平衡计算结果
Tab. 6 Calculation results of the jobs-housing dynamic balance in southeast new city

| | 就业 | 居住 | 职住 |
|--------|--------|--------|--------|
| 迁入影响指数 | 0.015 | 0.212 | 0.227 |
| 迁出影响指数 | -0.043 | -0.107 | -0.150 |
| 迁移影响指数 | -0.028 | 0.105 | 0.077 |

可见，制约东南新城职住动态平衡的关键因素是居住条件。东南新城作为湖北省新城建设的重点（光谷科学城）和高新技术产业的聚集地，对就业的吸引力充沛，其就业迁入异步指数 $I_{业异}$ 高居各新城第2。同时，该城也已经进入就业吸引居住的良性发展期，但吸引力仍不够强，甚至出现大量职住同区人口的居住单方面外迁。因此，东南新城应重点培育就业—居住的迁移互动机制，响应本地就业人口的居住需求。在建成环境质量上优化教育、养老、休闲、商业等城市公共服务设施配套，同时适当扩大居住空间供给规模，创造多层次、高水平的居住环境，以促进就业人口的就地职住平衡。这有助于提升就业“黏性”，保留住高水平人才以促进产业平稳较快发展。

5 结论与讨论

本文基于微观个体的迁移行为，利用手机信令数据，定量探究个体就业、居住迁移的互动与郊区新城职住平衡的关系，提出了职住动态平衡的概念、以及测度和分析方法。较之现有的职住比、自足度、就业居住离散度等静态职住平衡测度指标主要反映了当前的平衡状态，它能更精准地反映出郊区新城由于就业、居住人口的迁入、迁出同异步带来的职住动态平衡过程，包括职住迁移的同异步状态、各类迁移对职住平衡的影响、职住平衡变化的动因和核心问题等，从而掌握新城职住平衡的演变态势，进而可以从人对居住地、就业地的选择上发现影响职住迁移互动的城市空间问题，精准制定郊区新城职住平衡的空间优化策略，也为具体到人、更深层次地研究职住平衡的实现机制提供了方法支撑。

针对武汉市2017—2019年的实证研究，得到3个方面的主要结论，验证了该方法的有效性：① 迁移行为上，武汉市郊区新城以职住异步迁入为主，且就业迁移相较居住迁移更多。② 武汉市郊区新城的职住平衡状态总体向好；职住人口迁入大多推动了新城职住平衡，但与此同时迁出的影响也不容忽视，一半新城的职住迁出会推动失衡，总体上迁入的影响大于迁出；此外，还识别出各新城职住动态平衡的发展动力，例如西部新城的主要动力是就业迁入。③ 以武汉市东南新城为例开展详细分析发现，居住迁移是东南新城职住平衡状态的主要驱动力；居住迁入明显有利于区域职住平衡，而居住迁出明显导致职住失衡。可见，制约东南新城职住动态平衡的关键因素是居住条件，应积极响应本地就业者的差异化居住需求，这也有利于提升就业黏性。

本文也存在不足：① 受数据限制，实证未考虑市外迁入因素，可能对本文针对武汉发现的特征产生一定影响，但不影响职住平衡动态过程的分析方法；② 手机信令缺乏个体/家庭的属性数据，使得本文对职住迁移的互动规律揭示得仍不充分。

职住动态平衡研究还有广阔的发展空间。测度方法上，本文所提出的同异步指数和平衡影响指数还能衍生出众多指标，例如测度不同年龄、性别、职业、收入人群的同异步指数，据此分析社会属性对职住迁移互动和区域职住动态关系的差异化影响。进而在理论研究上，结合建成环境质量、职住空间规模和结构、政策、市场等要素，探究职住动态平衡过程空间分异的内在机制。另外，在时序演变研究上，还可以通过多个截面的长时序数据或动态监测实时数据，构建区域职、住关系的动态平衡曲线，以更为精准地识别当前城市职住关系的发展阶段和未来发展态势。最后在应对策略上，可根据上述研究成果，研判职住空间可能存在的问题和空间需求，制定职住空间供给政策和优化策略，并预测规划干预下的未来的职住关系演变和城市空间结构。本文所提出的方法对上述研究均有支撑和参考价值。

参考文献(References)

- [1] Zhou Yixing. On the suburbanization of Beijing. *Scientia Geographica Sinica*, 1996, 16(3): 198-206. [周一星. 北京的郊区化及引发的思考. *地理科学*, 1996, 16(3): 198-206.]
- [2] Han Huiran, Yang Chengfeng, Song Jinping. Progress and prospects of jobs-housing spatial relationship research. *Human Geography*, 2014, 29(6): 24-31. [韩会然, 杨成凤, 宋金平. 城市居住与就业空间关系研究进展及展望. *人文地理*, 2014, 29(6): 24-31.]
- [3] Chai Yanwei, Zhang Yan, Liu Zhilin. Spatial differences of home-work separation and the impacts of housing policy and urban sprawl: Evidence from household survey data in Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(2): 157-166. [柴彦威, 张艳, 刘志林. 职住分离的空间差异性及其影响因素研究. *地理学报*, 2011, 66(2): 157-166.]
- [4] Kain J F. Housing segregation, negro employment, and metropolitan decentralization. *The Quarterly Journal of Economics*, 1968, 82(2): 175-197.
- [5] Zhao P J, Hu H Y. Geographical patterns of traffic congestion in growing megacities: Big data analytics from Beijing. *Cities*, 2019, 92: 164-174.
- [6] Shen Y, Ta N, Liu Z L. Job-housing distance, neighborhood environment, and mental health in suburban Shanghai: A gender difference perspective. *Cities*, 2021, 115: 103214. DOI: 10.1016/j.cities.2021.103214.
- [7] Yan L X, Wang D, Zhang S W, et al. Evaluating the multi-scale patterns of jobs-residence balance and commuting time-cost using cellular signaling data: A case study in Shanghai. *Transportation*, 2019, 46(3): 777-792.
- [8] Zhang P, Zhou J P, Zhang T R. Quantifying and visualizing jobs-housing balance with big data: A case study of Shanghai. *Cities*, 2017, 66: 10-22.
- [9] Sun Tieshan, Wang Lanlan, Li Guoping. Distributions of population and employment and evolution of spatial structures in the Beijing metropolitan area. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(6): 829-840. [孙铁山, 王兰兰, 李国平. 北京都市区人口—就业分布与空间结构演化. *地理学报*, 2012, 67(6): 829-840.]
- [10] Bi Yufei, Guo Liang, He Hui. The connotation, difficulties and implementation countermeasures of the concept of jobs-housing balance. *Urban Development Studies*, 2019, 26(3): 1-8, 40. [毕瑜菲, 郭亮, 贺慧. 职住平衡理念的实施难点与优化策略研究. *城市发展研究*, 2019, 26(3): 1-8, 40.]
- [11] Zhou Jiangping, Chen Xiaojian, Huang Wei, et al. Jobs-housing balance and commute efficiency in cities of central and western China: A case study of Xi'an. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(10): 1316-1330. [周江平, 陈晓健, 黄伟, 等. 中国中西部大城市的职住平衡与通勤效率: 以西安为例. *地理学报*, 2013, 68(10): 1316-1330.]
- [12] Zhao P J. Managing urban growth in a transforming China: Evidence from Beijing. *Land Use Policy*, 2011, 28(1): 96-109.
- [13] Kim C. Commuting time stability: A test of a co-location hypothesis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2008, 42(3): 524-544.
- [14] Cheng Peng, Tang Zilai. A study on the spatial match of jobs-housing balance and its change over time in the central city of Shanghai. *Urban Planning Forum*, 2017(3): 62-69. [程鹏, 唐子来. 上海中心城区的职住空间匹配及其演化特征研究. *城市规划学刊*, 2017(3): 62-69.]
- [15] Bai Yu, Zhao Pengjun. A review of concept and methodology of jobs-housing balance. *Journal of Northwest Normal University (Natural Science)*, 2018, 54(4): 89-98. [白羽, 赵鹏军. 职住平衡概念与测度方法研究进展. *西北师范大学学报(自然科学版)*, 2018, 54(4): 89-98.]
- [16] Kim K, Horner M W. Examining the impacts of the Great Recession on the commuting dynamics and jobs-housing balance of public and private sector workers. *Journal of Transport Geography*, 2021, 90: 102933. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102933.
- [17] Blumenberg E, King H. Jobs-housing balance re-re-visited. *Journal of the American Planning Association*, 2021, 87(4): 484-496.
- [18] Yao Z Y, Kim C. Analyzing the multiscale patterns of jobs-housing balance and employment self-containment by different income groups using LEHD data: A case study in Cincinnati metropolitan area. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2022, 96: 101851. DOI: 10.1016/j.compenurbysys.2022.101851.
- [19] Ren Peng, Peng Jiandong, Yang Hong, et al. Relationship between jobs-housing balance and built environment in areas around urban rail transit stations of Wuhan. *Journal of Geo-information Science*, 2021, 23(7): 1231-1245. [任鹏, 彭建东, 杨红, 等. 武汉市轨道交通站点周边地区职住平衡与建成环境的关系研究. *地球信息科学学报*, 2021, 23(7):

- 1231-1245.]
- [20] 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.]
- [21] Zheng Z, Zhou S H, Deng X D. Exploring both home-based and work-based jobs-housing balance by distance decay effect. *Journal of Transport Geography*, 2021, 93: 103043. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2021.103043.
- [22] Dai Liuyan, Jiao Huaifu, Xiao Lin. A review on jobs-housing spatial matching of urban residents. *Human Geography*, 2013, 28(2): 27-31, 66. [戴柳燕, 焦华富, 肖林. 国内外城市职住空间匹配研究综述. *人文地理*, 2013, 28(2): 27-31, 66.]
- [23] Yu Jianhui, Dong Guanpeng, Zhang Wenzhong, et al. The correlated decision process of house moving and job change and its heterogeneity: A case study of Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(2): 147-155. [余建辉, 董冠鹏, 张文忠, 等. 北京市居民居住—就业选择的协同性研究. *地理学报*, 2014, 69(2): 147-155.]
- [24] Dang Yunxiao, Zhan Dongsheng, Chen Li, et al. The coordination mechanism of migrants' residence and employment change in the process of urban renewal: A case study of Beijing. *Geographical Research*, 2021, 40(2): 513-527. [党云晓, 湛东升, 湛丽, 等. 城市更新过程中流动人口居住—就业变动的协同机制研究: 以北京为例. *地理研究*, 2021, 40(2): 513-527.]
- [25] Yao Yongling. People and job migration during suburbanization: A case study of Beijing. *Urban Development Studies*, 2011, 18(4): 24-29. [姚永玲. 郊区化过程中职住迁移关系研究: 以北京市为例. *城市发展研究*, 2011, 18(4): 24-29.]
- [26] Yang Chuankai, Ning Yuemin. Evolution of spatial pattern of inter-provincial migration and its impacts on urbanization in China. *Geographical Research*, 2015, 34(8): 1492-1506. [杨传开, 宁越敏. 中国省际人口迁移格局演变及其对城镇化发展的影响. *地理研究*, 2015, 34(8): 1492-1506.]
- [27] Li Mengjie, Lin Sainan, Huang Jingnan, et al. A review of residential mobility research in the 21st century. *Urban Planning International*, 2021, 36(4): 64-72. [李梦洁, 林赛南, 黄经南, 等. 21世纪国外居住迁移研究进展与评述. *国际城市规划*, 2021, 36(4): 64-72.]
- [28] Song Weixuan, Chen Peiyang, Hu Yongjia. A review of research on residential mobility from the perspective of urban geography. *Urban Planning Forum*, 2015(5): 45-49. [宋伟轩, 陈培阳, 胡咏嘉. 中西方城市内部居住迁移研究述评. *城市规划学刊*, 2015(5): 45-49.]
- [29] Luo Qiong, Shu Hong, Xu Yajin, et al. Citizen commuting analysis using mobile trajectory data. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2021, 46(5): 718-725. [罗琼, 舒红, 徐亚瑾, 等. 移动轨迹数据支持下的城市居民通勤活动分析. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2021, 46(5): 718-725.]
- [30] Zhao Pengjun, Cao Yushu. Jobs-housing balance comparative analyses with the LBS data: A case study of Beijing. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2018, 54(6): 1290-1302. [赵鹏军, 曹毓书. 基于多源LBS数据的职住平衡对比研究: 以北京城区为例. *北京大学学报(自然科学版)*, 2018, 54(6): 1290-1302.]
- [31] Wang Bei, Wang Liang, Liu Yanhua, et al. Characteristics of jobs-housing spatial distribution in Beijing based on mobile phone signaling data. *Progress in Geography*, 2020, 39(12): 2028-2042. [王蓓, 王良, 刘艳华, 等. 基于手机信令数据的北京市职住空间分布格局及匹配特征. *地理科学进展*, 2020, 39(12): 2028-2042.]
- [32] Wang De, Zhu Zhasong, Xie Dongcan. Research on intra-city employment mobility in Shanghai: Based on cell phone data. *China Population Science*, 2016(1): 80-89, 127. [王德, 朱查松, 谢栋灿. 上海市居民就业地迁移研究: 基于手机信令数据的分析. *中国人口科学*, 2016(1): 80-89, 127.]
- [33] Niu Qiang, Sheng Fubin, Liu Xiaoyang, et al. Research on the identification method of relocation activity degree in inner city based on mobile phone signaling data: A case study of Wuhan. *Geographical Research*, 2022, 41(8): 2142-2154. [牛强, 盛富斌, 刘晓阳, 等. 基于手机信令数据的城内迁居活跃度识别方法研究: 以武汉市为例. *地理研究*, 2022, 41(8): 2142-2154.]
- [34] Zhu Wei, Liang Xuemei, Gui Zhao, et al. The inter-generational differences in the effects of job-housing optimization in Shanghai. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(10): 2192-2205. [朱玮, 梁雪媚, 桂朝, 等. 上海职住优化效应的代际差异. *地理学报*, 2020, 75(10): 2192-2205.]

Analytic approach for the jobs-housing dynamic balance in suburban new cities based on individual migration: A case study of Wuhan, China

NIU Qiang¹, WU Lei¹, SHENG Fubin^{1,2}, WU Wanxian¹

(1. School of Urban Design, Wuhan University, Research Center of Human Settlements Environment
Engineering Technology of Hubei, Wuhan, 430072, China; 2. Zhejiang University
Urban-Rural Planning & Design Institute Co., Ltd., Hangzhou 310030, China)

Abstract: Suburban new cities often accompany the phenomenon of jobs-housing imbalance. From the behavioral perspective, against a backdrop of changes in jobs and housing, this is mainly caused by individual migration in and out during the long-term development of suburban new cities. However, many studies have not considered incorporating individual migration into the dynamic process of jobs-housing balance, and there are few relevant analysis methods, as well as unclear characteristics and patterns. This paper proposes the concept of jobs-housing dynamic balance by tracking the spatial changes of individual employment and residence migration. Drawing on cellular signaling data throughout 2017 to 2019 in Wuhan suburban new cities, a new analytic approach is developed to analyze the problems, causes and trends in the process of jobs-housing dynamic balance, including the synchronous and asynchronous indices of individual migration, as well as the impact index of dynamic jobs-housing balance. The results reveal that the main trend is asynchronous jobs-housing migration, with migration of a larger number of employers compared to residential migration. At the same time, the jobs-housing imbalance in Wuhan suburban new cities is relatively common, but individual migration generally promotes jobs-housing balance. On the one hand, individual migration in is the main factor in optimizing jobs-housing balance. On the other hand, the impact of individual migration out cannot be ignored, as it has driven the imbalance of jobs and housing in some suburban new cities. Furthermore, our results highlight that the jobs-housing balance in the southeast new city is more susceptible to the impact of residential migration, and residential migration is the main driving force for its jobs-housing dynamic balance. Therefore, it is necessary to focus on improving the diversified residential spatial structure. We argue that, grounded in the new analytic approach, this paper can objectively reflect the dynamic process and driving factors of jobs-housing balance, and our findings would be important in optimizing urban jobs-housing relationships and formulating policies for jobs-housing space supply.

Keywords: suburban new cities; individual migration; jobs-housing dynamic balance; analytic approach; cellular signaling data