考虑通勤距离的职住分离测度方法

宋小冬[1] 王园园 张开翼 杨钰颖 孙晨晨 王 骏

【摘 要】降低居民居住地和职工工作地的过度分离，可从源头降低通勤交通总量，成为理论、实践工作者的努力方向。测度职住分离（或职住平衡）有多种方法，基于职住比的单元平衡法长期处于主流地位，其局限性也很明显，而且以单元尺度、边界隔离问题最难解决。研究提出，用通勤距离为自变量的函数估计职工居住密度，和从业居民的实际密度相比较，将两者的偏差来测度职住分离。用于估计密度的函数应符合交通出行分布特征，函数的概率期望值等于调查得到的平均通勤距离。因函数连续，不存在边界隔离问题，也可化解单元尺度的局限性。以上海中心城区为实例，以人口普查、经济普查为基础资料，手机信令为辅助资料，本方法得到初步尝试。根据经验认知，本方法得到初步验证。分析结果基本符合上海中心城区的产业、居住分布特征，可以进一步体现工作岗位、居住人口的分布密度对职住分离、通勤交通的影响。

【关键词】职住平衡；职住分离；测度方法；通勤距离；密度估计；大数据

【中图分类号】TU984**【文献标识码】**A**【文章编号】**1000-3363(2017)06-0025-08

DOI：10.16361/j.upf.201706004

1 问题提出

社会经济发展，城市规模膨胀，不同用途的土地过度分离，引起居民的居住地远离工作地，职工的工作地远离居住地，这一现象被称为职住分离、职住不平衡。例如：某地区居住人口偏多，工作岗位偏少，造成较多居民不得不外出工作；某地区居住人口偏少，工作岗位偏多，造成较多职工进入本地区工作。职住分离、空间失配，使通勤距离变长，城市交通总量变大，在学界基本取得共识。降低过度分离、促进相对平衡，从源头降低通勤交通总量，自然成为众多城市规划实践工作者的努力方向(Cervero,1996)。

职住分离主要受市场经济作用，也受土地使用规划影响，何为过度分离，是否相对平衡，就要测度职住分离（或职住平衡），为该领域研究和实践的基础。测度方法有针对全体和针对局部之分，一般是先针对局部，计算指标，再汇总为全体（郑思齐、徐杨菲，等，2015），最典型的就是单元平衡法，长期以来，处于主流地位。所谓单元平衡，就是划定空间单元，统计内部工作岗位、从业居民的数量关系，而且以计算两者的比例最为常用(Cervero,1989)：

$$JHRi=Ji/Hi \quad (1)$$

上式中，为某单元的工作岗位人数，讯为该单元的从业居民人数，伦为单元职住比，忽略单元内部通勤。当岗位数、从业居民数较接近时，相对平衡，对外通勤就少，当两者差距较大时，相对分离，对外通勤就多。该指标最典型、用得最普遍，资料收集、计算都方便，也容易理解。以单元职住比为基础，可进一步对不同单元或全体单元做统计、汇总，描述不同单元之间

[1]***国家自然科学基金项目**：“大城市职住分离的测度方法、影响机制、规划干预研究”阶段成果(批准号：51778432)

作者简介：宋小冬，同济大学城市规划系，高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室，教授，spt@tongji.edu.cn 王园园，同济大学城市规划系，博士研究生张开翼，杭州市城市规划设计研究院，助理工程师杨钰颖，同济大学城市规划系，硕士研究生孙晨晨，同济大学城市规划系，硕士研究生王骏，上海同济城市规划设计研究院，助理工程师。

的差异或全体的均衡、不均衡。现行的单元平衡法，至少有 4 方面的局限：

(1)单元尺度。单元越小越难平衡，小到一定程度，很容易出现纯产业区、纯居住区。单元越大越容易平衡，大到一定程度，土地使用自然混合，指标自然平衡，但是单元内部通勤距离会变长，甚至上升为主要矛盾。内部通勤在什么尺度可以忽略，单元尺度多大合适，大都凭经验，长期达不成共识（孟晓晨，吴静，等，2009)。

(2)边界隔离。居民或职工的通勤会跨越单元边界，跨越一个还是多个单元，距离多长，人数多少，本方法不反映。

(3)单元密度。不同单元的面积相近，居民、职工密度不同，引起的交通量会不同，本方法不涉及。

(4)指标较难把握。运用职住比例，取值在[0,1,+ ∞)范围内，平衡值为 1，虽然国外学者提出，在[0.8,1.2]的范围内较平衡，但是两侧不对称，实际应用时，区间不容易把握，影响到理论方法的实用性。

上述 4 个局限中，第 3、第 4 项较容易改进，例如，计算时增加面积因素，对指标做线性变换，等等，而第 1、第 2 项较难解决。

对于边界清晰的组团型城市，内外通勤容易区分（如大城市的远郊城镇)，或者存在明显的地理障碍，跨越该障碍需要付出较大成本（如山地城市），单元平衡法较适用。呈蔓延状态、土地连续开发、内部密度比较均匀的大城市中心城区，单元平衡法的局限性较明显。

国外学者注意到上述局限，提出过缓冲区计算方法(Peng,1997),国内学者有少量使用(齐云蕾，等，2015;孙斌栋，等，2017)。该方法以居住人口、工作岗位统计单元的形心为圆心，平均通勤距离为半径，划定圆形缓冲区(bufferzone),以圆为单位计算职住比（图 1)，这对单元平衡法的第 1、第 2 项局限，有改进作用，但是计算方法还不够完整，例如：相邻缓冲区的重叠部分、缓冲区和统计单元的交叉部分如何处理，不够明晰。

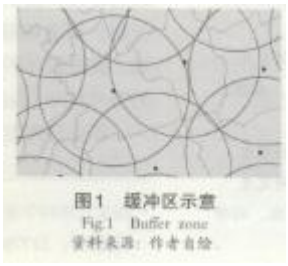

图1 缓冲区示意

Fig.1 Buffer zone

资料来源：作者自绘

2 考虑通勤距离的密度函数估计法

2.1 密度估计法的基本含义

地理学领域（包括城市规划）经常使用密度，如：居住人口密度，疾病发生密度、空气中的污染物密度。一般要知道地理空间范围的边界，该范围内居住多少人口、发生多少病例、排放出多少污染物质，和该范围的面积相除，就得到密度。在很多情况下，能观测到事物的具体指标，但地理范围的边界可能是模糊的，为了计算密度，就有了密度估计法，用数学函数估算离开观测点不同距离的密度。该方法假设密度变化受距离影响，有大致规律，在一定范围内，变化连续，图 2 是较常用的核密度函数估计方法示意。

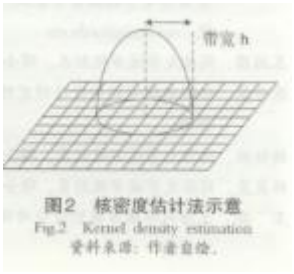

图2 核密度估计法示意

Fig.2 Kernel density estimation

资料来源：作者自绘。

对单个观测点做密度估计，局限于理论研究。实际应用时，一般在较大空间范围内，有众多观测点覆盖全体，对每个点分别做密度估计，将结果叠加起来，得到全范围的密度分布。

上述方法可估计职工居住密度。假设某单位或某就业中心，其职工居住在周围，通勤距离为自变量，居住密度为因变量，用函数对每个单位或每个就业中心估计职工的居住密度，所有结果叠加起来，得到全范围职工的居住地估计密度，和从业居民的实际居住密度相比较，就可进一步分析职和住的空间关系。

用于估计密度的函数如果符合全市工作——居住的通勤特征，得到的全市估计密度应该接近实际密度。但是，估计函数对应的是整体特征，个体特征互不相同，估计密度和实际密度就会出现偏差，利用这种偏差，可以反映职和住的分离程度。

当估计密度大于实际密度，该地区、周围工作岗位密度偏高，本地、周围的居住密度偏低，导致前来工作的职工较多，外出工作的居民较少，职工通勤距离很可能长于估计函数，居民通勤距离很可能短于估计函数。

当估计密度小于实际密度，该地区、周围工作岗位密度偏低，本地、周围的居住密度偏高，导致前来工作的职工较少，外出工作的居民较多，职工通勤距离很可能短于估计函数，居民通勤距离很可能长于估计函数。

上述解释稍作延伸，可以认为：职住分离是相对的，通勤距离较长，职住相对分离，通勤距离较短，职住相对平衡，显然符合常理，方法是否可行，需要进一步尝试、验证。

和前述的缓冲区方法相同，将工作岗位统计单元的形心作为观测点，单元尺度越小，观测点相互间距越小，估计精度越高，观测的精细程度和尺度对应。和缓冲区方法不同，本方法采用连续函数，重叠、交叉部分可以很方便地累计计算，结果变得平滑，精度大大提高。如果将缓冲区看成是浮动窗口(floating catchment area),本方法则将浮动窗口变得更为精细。

2.2 密度估计函数的基本特征

选用什么密度估计函数，应该以工作一居住通勤特征为依据，在此可参考交通学科。在城市交通研究领域，对市民做交通调查，汇总得到通勤距离和发生次数的频率关系，常称出行分布（图 3)。调查样本广而均，样本数量足够多，统计结果就成为全市整体通勤特征。

汇总出行分布数据，依据起讫点、到达点之间的距离，忽略方向、地点，出行距离变为一维空间，地理密度中的距离为二维空间，二维空间的密度估计函数应该和一维空间的交通调查资料相拟合，使误差在可接受范围之内。

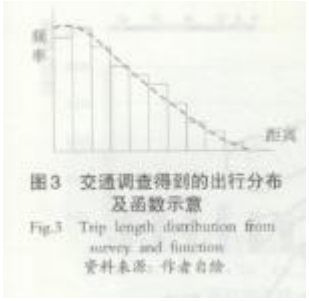

图3 交通调查得到的出行分布及函数示意

Fig.3 Trip length distribution from survey and function

资料来源：作者自绘

传统出行分布也用函数拟合，如果符合概率论的数学原理，出行分布函数也可认为是概率密度函数，但交通分析人士一般只关心函数曲线的变化趋势，不太关心密度的含义。地理密度估计函数如果也符合概率论原理，概率密度和地理密度就有相互联系，概率密度和观测到的工作岗位相乘，等于地理密度，两种密度可以自然转换，这时，“密度”这个词不但符合概率论原理，也贴近现实。

2.3 核密度函数的初步尝试

地理信息科学领域，核密度估计常用而典型，该方法假设，离开样本点的距离越近，密度越高，距离越远，密度越低，在预设的边缘，密度为零，该处和样本点的距离称带宽(h,图 2)。核密度估计有通用函数（因篇幅所限，不展开介绍），离开样本点[0,h]的二维空间内函数连续，经积分计算，结果等于 1(参见图 2,图 4)，符合概率论原理。近密远疏，也许和一般通勤特征相似。核密度函数也有数学期望值，使期望值等于交通调查的平均通勤距离，就可确定函数的参数。对核密度函数，分距离区间积分，得到概率，转换为一维空间，发现核密度函数的距离——概率分布和一般城市交通调查的距离——频率分布差距较大（图 5），因此放弃通用核密度函数（因篇幅所限，详细计算过程省略），改用交通学科领域另一个较常用的指数函数，当然该函数既要适应二维地理空间，其参数还要用交通调查资料校核。

图4 用积分估算密度（r为离开观测点的距离）

Fig.4 Estimating density by integral (r means the distance from surveying point)

资料来源：作者自绘

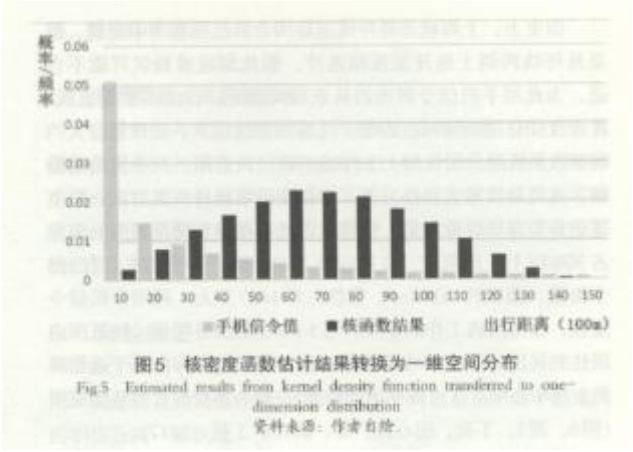

图5 核密度函数估计结果转换为一维空间分布

Fig.5 Estimated results from kernel density function transferred to one-dimension distribution

资料来源：作者自绘

2.4 用指数函数估计密度

$$p(r)=ae^{-br}\ (r\in[0,+\infty)) \qquad (2)$$

公式（2)中，为估计密度，r 为离开某工作单位或就业中心的距离，属二维空间，e 表示自然指数，a 和 b 为未定参数。在传统交通研究领域，该形式的函数很常用，但是一维空间，此处为二维空间，计算过程稍有不同。

$$p=\int_{r_1}^{r_2} ae^{-br}(2\pi r)\,dr \qquad (3)$$

$$=2a\pi\int_{r_1}^{r_2} e^{-br}\,r\,dr$$

$$=\frac{2a\pi}{b}e^{-br1}\left(r1+\frac{1}{b}\right)-\frac{2a\pi}{b}e^{-br2}\left(r2+\frac{1}{b}\right)$$

当 $r_1=0$，$p=\frac{2\pi a}{b^2}\left(1-e^{-br2}(1+br2)\right)$

$r2\to+\infty$，$p=\frac{2\pi a}{b^2}$

公式（3）是从密度计算概率，针对二维空间。令p=1，则

$$a=\frac{b^2}{2\pi} \qquad (4)$$

E (r) 为数学期望值：

$$E(r)=\int_0^{+\infty}2\pi r^2\times ae^{-br}\,dr \qquad (5)$$

$$=2\pi a\int_0^{+\infty}r^2e^{-br}\,dr$$

$$=-\frac{2\pi a}{b}\left(r^2e^{-br}-\int_0^{+\infty}e^{-br}\,dr^2\right)$$

$$=\frac{4\pi a}{b^2}$$

下一步以上海市中心城区为例，先检验指数函数，再用密度估计法测度职住分离。

3 实例及基础资料

3.1 对象及空间范围

本研究选择上海中心城区为实验对象，排除郊区城镇。为此要划定一个范围，该范围内城市连片建设，职住联系紧密，总量基本平衡，但是内部不平衡，平均通勤距离较长。为了防止内外交通干扰，应保证绝大多数居民在该范围内工作，绝大多数职工在该范围内居住，跨越边界的通勤量极少。

历史上，上海城市外环线道路围合的范围称为中心城，但是外环线两侧土地开发逐渐连片，据此划定通勤区可能不合适。为此用手机信令测出的从业居民密度，自动产生等值线，在密度变化陡峭的城区边缘，凭经验提取边界，经计算，大约 98%的手机用户居住地、工作地不超出该范围，初步定为通勤圈，比外环线要大一些。为了和社会经济统计资料对应，以上述边界为基础，取街道、镇辖区，如果在通勤圈范围内的面积占 30%以上，该街道、乡镇就纳入通勤圈，合并起来共有 125 个街镇，面积约 1180km^2,常住人口 1457 万人。再用手机信令复核，该范围内工作的职工，有 5.5%在范围外居住，该范围内居住的居民，有 3.5%在范围外工作，将该范围称作基于通勤圈的上海中心城区（可简称为通勤圈），作为本项研究的空间范围(图 6,图 7,丁亮，钮心毅，等，2015;丁亮，2017)。

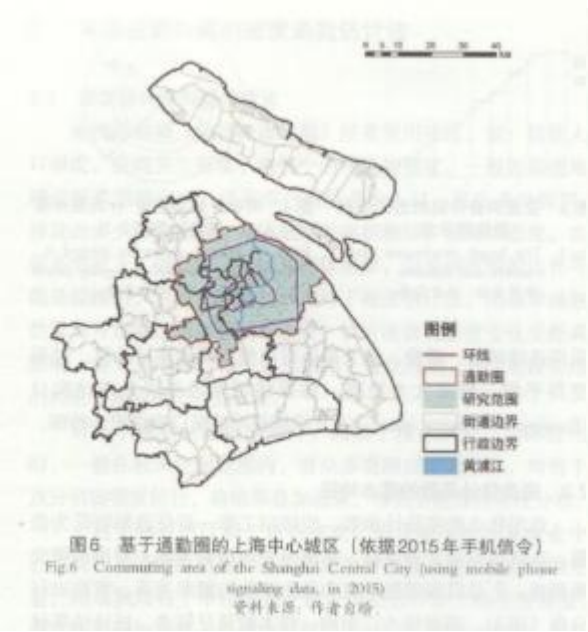

图6 基于通勤圈的上海中心城区（依据2015年手机信令）
Fig.6 Commuting area of the Shanghai Central City (using mobile phone signaling data, in 2015)
资料来源：作者自绘

图7 研究范围
Fig.7 Research area
资料来源：作者自绘

3.2 主要基础资料

从业居民取自第六次人口普查(2010 年),按居委会、村委会统计,本研究范围内共有 3270 个空间单元,平均面积为 361064m2。

工作岗位取自第三次经济普查（2013 年），按普查小区汇总职工人数，本研究范围内共有 7693 个空间单元，平均面积为 153474m2。

通勤资料使用手机信令数据，为典型大数据，由中国联通上海分公司提供，2015 年 11 月连续 16 日的信令记录，记录总量达 60 多亿条，市域用户总数有 1189 万个，其中活跃用户 524.5 万。进一步对手机用户做居住地、工作地识别，作为通勤交通基础资料（丁亮，2017,张天然，2016)。

4 计算过程

4.1 确定密度估计函数的参数

上海中心城区范围内，手机信令识别出的平均通勤距离为 4.8km(基站之间的直线距离，也称欧氏距离)。令公式（5)的数学期望值等于交通调查平均距离，再利用公式（3)，可以解出：a=0.000276,b=0.0417(单位：100m),由此确定密度函数的参数。在[0.150]的区间内做 15 次等间距积分，通勤距离大于 150 百米（15000m)的比例小于 3%，转化为一维空间距离的概率密度分布

图，和调查资料相比较，虽然分布的趋势不是太理想，但是比核密度函数有明显改进（试比较图 5、图 8)。

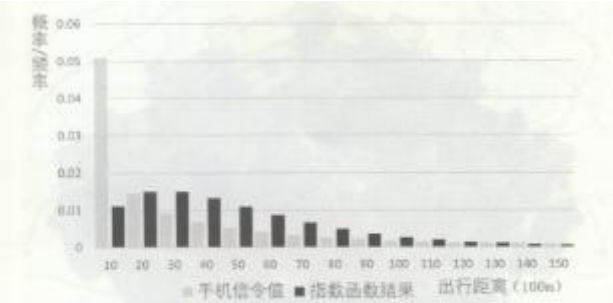

图8 二维指数函数和交通调查资料相比较

Fig.8 Comparison between two-dimensional exponent function and transportation survey result

资料来源：作者自绘

平均误差：$\frac{1}{15}\sum_{15}(d_i-d_i')^2=0.00012$

di 为调查资料的统计频率，dr 为密度函数计算得到的概率，计算得出的平均误差不算太大。线性相关检验，R=0.94。凭经验，误差可接受。

4.2 按人口普查资料推算从业居民分布密度

第六次人口普查数据转变为从业居民实际密度，有两种途径：一是直接按居（村）委会多边形计算密度，再转变为栅格(图 9)，二是按大致形心位置，用通用的核密度估计法转变为栅格。本研究采用后一种（图 10)，带宽用 1500m，既考虑了居(村）委会的面积，也兼顾到短距离通勤（因为指数函数转变为一维空间时，短距离概率值偏低)。核密度估计引起少量居民的位置在研究范围的边界之外，但是少于 0.5%，可忽略。人口普查资料中的从业居民数来自长表，按抽样比例扩算，通勤圈内从业人数为 743.5 万人。

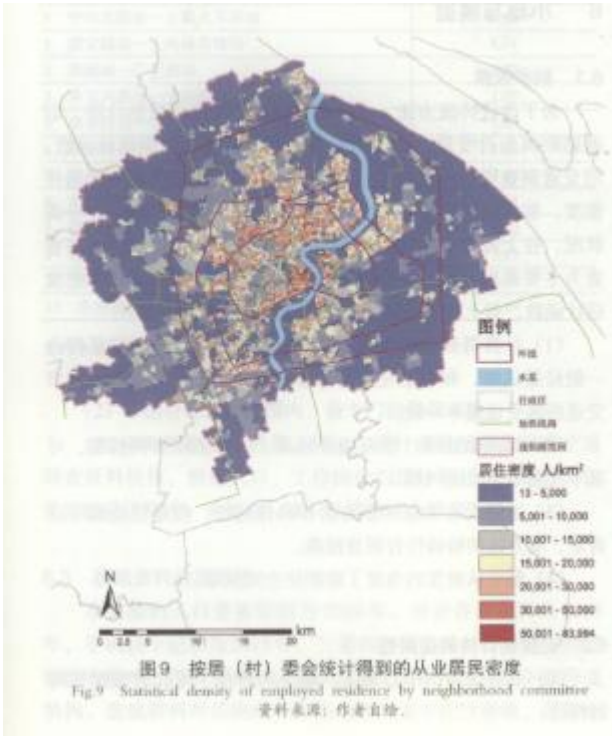

图9 按居（村）委会统计得到的从业居民密度

Fig.9 Statistical density of employed residence by neighborhood committee

资料来源：作者自绘.

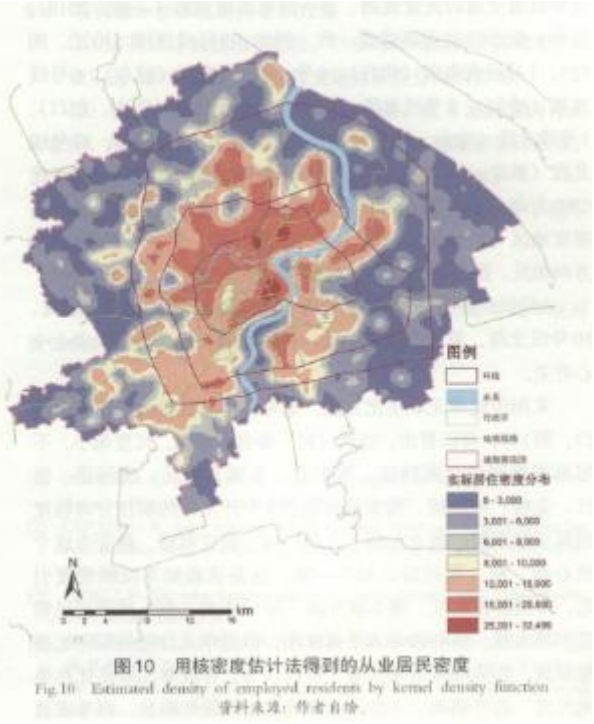

图10 用核密度估计法得到的从业居民密度

Fig.10 Estimated density of employed residents by kernel density function

资料来源：作者自绘.

4.3 用经济普查资料估算职工居住密度

将经济普查小区转换为点要素，为近似形心位置。依据上述指数函数，编制计算机程序，从工作岗位计算职工居住密度，计算距离区间为[0,15000]m,由于通勤距离大于 15000m 的出行比例小于 3%，为保证研究范围内栅格岗位数密度之和与总岗位密度相等，将 15000m 范围内的栅格岗位密度进行修正，使得范围内栅格的岗位数量总和等于点要素的岗位数，输出结果用连续栅格数据模型，像元尺寸为 200x200m。计算得到职工居住地密度分布的空间特征呈单中心（图 11），可称它为估计密度，也可称理想密度，如果从业居民的居住密度和它一致，每处居民的通勤距离都符合密度估计函数。

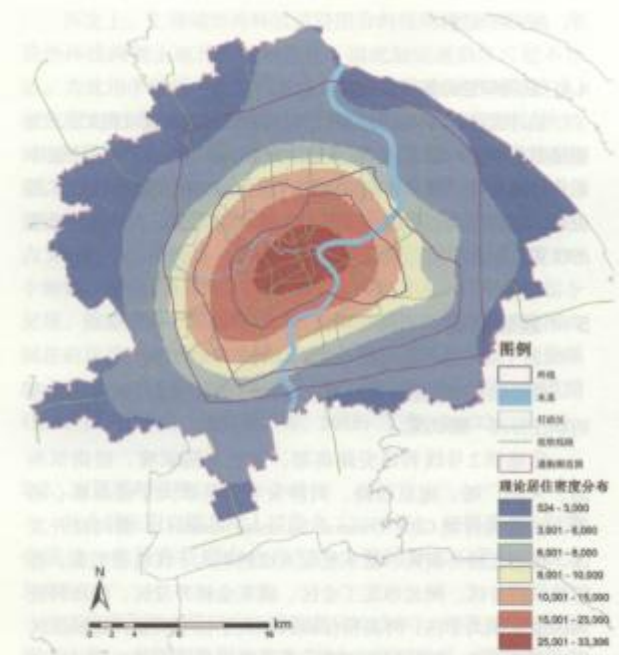

图11 用指数函数估算的职工居住密度（按经济普查资料）

Fig.11 Estimated density of worker residents by exponent function

资料来源：作者自绘。

密度估计得到工作岗位总量为 840.2 万个，人口普查得到的从业居民总量为 743.5 万人，考虑经济普查时间比人口普查晚 3 年，因此对从业居民密度乘以 1.13,和岗位估计密度的总量相等，称实际密度。

4.4 获得职住分离密度栅格

估计密度和实际密度相减，得到职住分离密度（图 12），为栅格数据集，均值为 0,均方差为 4655.06,该指标可描述整体职住分离程度。根据本研究假设，职住分离密度数值接近零的位置，职住平衡；数值小于零的位置，住大于职；数值大于零的位置，职大于住。

5 经验验证

凭经验直接观察专题地图（图 12），可以看出上海中心城区的职住分离一般状况。

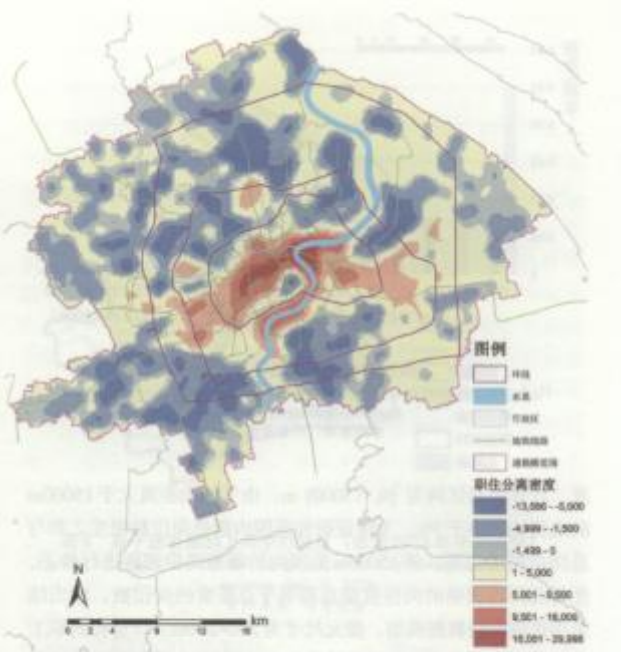

图12 职住分离密度

Fig.12 Job-housing separation density

资料来源：作者自绘

沿地铁 2 号线和延安路高架，从浦东陆家嘴、经南京东路、人民广场、南京西路、到静安寺，是职大于住最核心地带，可称为传统 CBD(central business district)。漕河径开发区、长宁虹桥外贸区、浦东世纪大道的职大于住也很明显，普陀长风商务区、闸北市北工业区、浦东金桥开发区、张江科技园区也属职大于住，外高桥保税区职大于住不明显，这和该区职工密度不高，周边居住密度不低有关。黄浦江两岸的世博园区很特殊，短期内有大量居民迁出，居住密度骤降（图 9、图 10),部分企业可能还注册在原地，计算过程未仔细考虑这种突变，以及黄浦江水域的影响，因此职大于住过于明显。除此之外，总体特征基本符合上海中心城区的产业分布、居住人口分布，也符合一般专业人士对上海土地使用的经验认知。

城市外围大型居住区建设，引起明显的住大于职（图 12 中颜色偏蓝部位），按一般经验，居民外出通勤比例高、距离远，这和轨道交通的流量观测、分析结果非常相似（王波，2016)，也和一般市民的直观感受一致。例如：9 号线西段（松江、闵行)，1 号线西南段（闵行)，6 号、8 号线南段（浦东），6 号线北段（浦东），8 号线北段（杨浦），3 号线北段（宝山、虹口），1 号线北段（宝山、静安），7 号线北段（宝山、普陀），11 号线北段（嘉定、普陀)，一般工作日早高峰时刻，这些线路朝传统 CBD 方向，单向客运高峰明显（表 1)，一旦经过职大于住的高密度地区（包括换乘），载客量就大幅下降。到了晚高峰时刻，方向相反，图 12 中从蓝朝向红的单向高峰变为从红向蓝。

2 号线中段沿线的职大于住密度最高，双向客流量也最高。10 号线北段，单向高峰不明显，和杨浦区五角场附近的就业中心有关。

采用传统单元职住比方法，也可获得职住分离专题图（图 13,图 14)，可以看出，以居（村）委会为单元，尺度偏小，不容易观察职住分离特征。按街道、乡镇为单元，漕河径、张江、金桥、外高桥、浦东软件园这 5 个开发区的职住分离程度稍高于陆家嘴、南京东路、人民广场、南京西路、静安寺这个核心带，和一般经验认知不一致，这是该指标不反映密度引起。外高桥保税区、浦东软件园（图 13 中的右侧）周围居民密度不算太低，具有跨单元平衡作用，但是单元自身的职住比指标很高，边界隔离效果显著。可以认为，传统单元职住比在单元尺度、边界隔离、不涉及密度等方面局限性明显，而考虑通勤距离的密度估计法对这 3 个局限性均有明显改进。

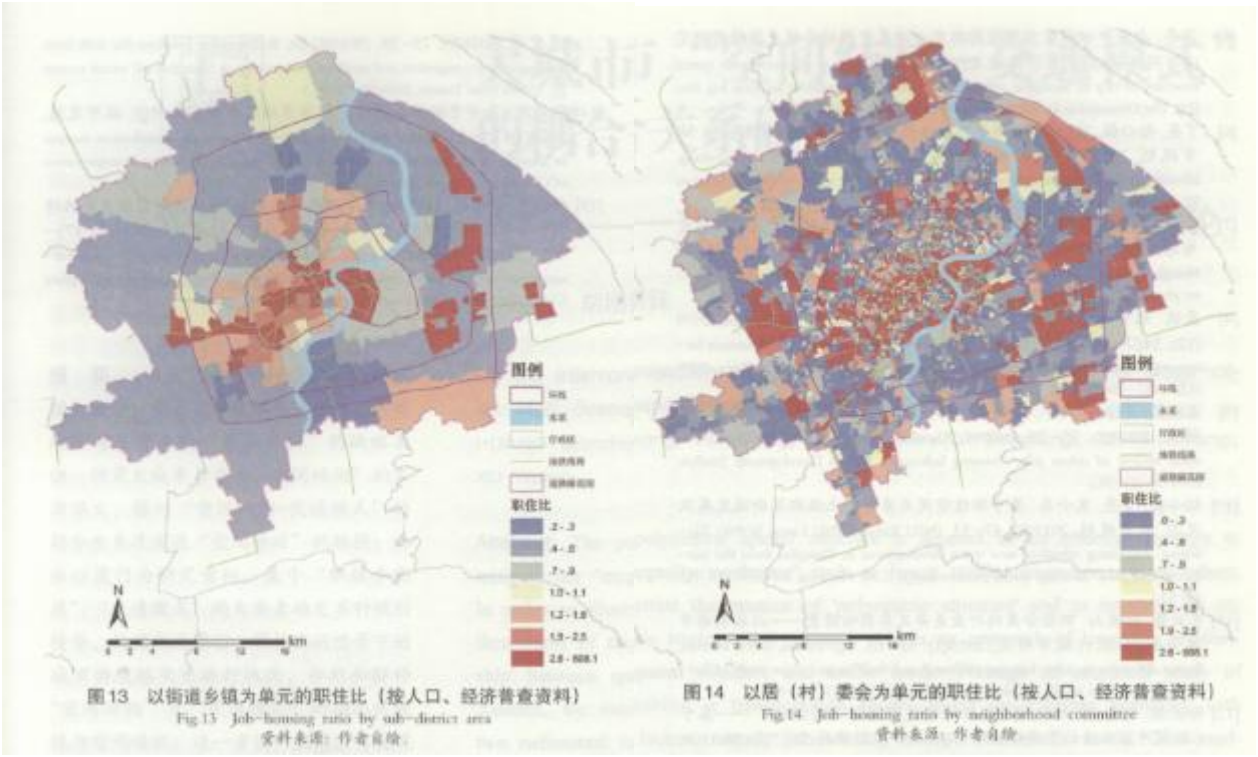

图13 以街道乡镇为单元的职住比（按人口、经济普查资料）

Fig.13 Job-housing ratio by sub-district area

资料来源：作者自绘

图14 以居（村）委会为单元的职住比（按人口、经济普查资料）

Fig.14 Job-housing ratio by neighborhood committee

资料来源：作者自绘

6 小结与展望

6.1 初步效果

为了改进传统方法，本项研究提出了密度函数估计法，以通勤距离为自变量，居住密度为因变量，建立密度估计函数，用交通调查资料校核函数的参数，从工作岗位估计职工的居住密度，和实际居住密度相比较，利用两者的偏差描述职住分离状况。在上海中心城区的通勤圈范围内，以人口普查、经济普查为主要基础资料，手机信令作为辅助资料，指数函数为密度估计函数，对上述方法做了实验性检验，初步效果如下：

(1)计算得到的职住分离密度所反映的城市空间特征符合一般经验认知，和轨道交通高峰客流方向相符、和公众对城市交通的感受也基本一致。

(2)因函数连续，没有边界隔离。只要基础资料精细，可基本化解单元尺度问题。

(3)虽然没有和缓冲区方法作具体比较，但是凭经验可以肯定，本方法的精确性有明显提高。

(4)便于从密度的角度了解职住空间关系。

6.2 密度估计法的适用性

(1)适合大城市中心城区，做全局评价，可同时观察到局部特征；

线路编号及典型区间	断面双向客流比
1 中山北路站一上海火车站站	4.45
1 漕宝路站一上海体育馆站	4.01
2 唐镇站一广兰路站	3.87
3 东宝兴路站一宝山路站	2.07
5 春申路站一莘庄站	2.63
6 源深体育中心站一世纪大道站	2.66
7 岚皋路站一镇坪路站	7.85
8 中兴路站一曲阜路站	2.61
8 凌兆新村站一东方体育中心站	4.22
9 合川路站一漕河泾开发区站	3.95
11 桃浦新村站一武威路站	3.79
13 丰庄站一祁连山南路站	4.19

资料来源：王波，2016.

(2)不适合在较小范围内，做专门的局部评价；

(3)基础资料要求较高。例如：估计函数的参数要靠交通调查资料校核，居住人口、工作岗位的统计单元越小越好，如果只能获得街道、乡镇这一级，计算精度会明显下降。

6.3 基础资料的局限性

本实验的人口普查资料为2010年，经济普查资料为2013年，手机信令记录为2015年，三者的时间差异对计算结果的精确性有影响。经济普查中，某单位职工总数可能包括下属分支机构，造成资料所反映的工作地点相对集中在注册地，尽管上海市的第三次经济普查对此已经花了很大精力，但是仍然不能完全避免（俗称“吸附现象”，骆惊，申立，等，2015)。

6.4 有待进一步深化的内容和方法

(1）多种估计函数相互比较，以获得更精确的计算结果；

(2)进一步考虑道路、轨道交通对职住分离的影响；

(3)居住密度、岗位密度有局部突变，或者通勤圈内有大片农田、水域、山体，如何让一般专业人士正确理解估计结果；

(4)进一步分析职住分离程度和通勤距离的关系；

(5)提取、组合相关指标，扩展应用，更好地服务于城市规划。

特别感谢上海市房屋土地资源信息中心，上海市城市规划设计研究院信息中心提供计算所用的基础数据。

参考文献

[1]CERVEROR.Jobs—housing balance and regional mobility [J].Journal of the American Planning Association, 1989,55(2):136-150.

[2]CERVEROR.Jobs—housing balance revisited: trends and impacts in the San Francisco Bayarea Q]. Journal of the American PlanningAssociation,1996,62(4):492-511.

[3]PENGZR.Thejobs—housing balance and urban commuting!}].Urban Studies,1997,34(8):1215-1235.

[4]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[J].城市规划学刊，2017(3):62-69.

[5]丁亮.上海中心城区空间结构测度——基于移动定位大数据的研究[D].同济大学博士学位论文，2017.

[6]丁亮，钮心毅，宋小冬.利用手机数据识别上海中心城的通勤区[J].城市规划，2015(9):100-106.

[7]骆惊，申立，苏红娟，等.经济普查数据在城市总体规划中应用的探索与思考 0].上海城市规划，2015(6):28-31.

[8]孟斌.北京城市居民职住分离的空间组织特征⑴.地理学报，2009(12)：1457-1466.

[9]孟晓晨,吴静,沈凡卜.职住平衡的研究回顾及观点综述⑴.城市发展研究，2009⑹：23-28.

[10]钮心毅，丁亮，宋小冬.基于职住空间关系分析上海郊区新城发展状况⑴.城市规划，2017⑻：47-53.

[11]齐云蕾，孙铁山.职住分离的行业差异及其影响因素——以北京都市区为例[J].现代城市研究，2015(1)：58-65.

[12]孙斌栋，何舟，李南非，等.职住均衡能否缓解交通拥堵？——基于 GIS 缓冲区方法的上海实证研究[J].城市规划学刊，2017(5):98-104.

[13]王波.上海轨道交通早高峰客流拥将与居民通勤关系分析[J].城市轨道交通，2016(7)：75-78.

[14]张天然.基于手机信令数据的上海市域职住空间分析[J].城市交通,2016(1)：15—23.

[15]郑思齐，徐杨菲，张晓楠，等.“职住平衡指数”的构建与空间差异性研究：以北京市为例 Q].清华大学学报（自然科学版)，2015(4):475-483.