

基于宜出行数据的人口活动时空动态变化研究

——以石家庄市鹿泉区为例

卫青春, 周 俊

(中规院(北京)规划设计有限公司 江苏分公司, 南京 210000)

摘要:使用 Python 程序抓取研究区内人口分布热力值数据,通过 ArcGIS 软件中的核密度分析工具和空间分析方法,探究不同时段研究区所在地区及下辖乡镇人口活动分布时空特征。结果表明:人口活动在工作日呈现出“白天向心,夜间离心”的动态变化过程,休息日则与之相反;鹿泉区呈现出与主城同城化发展态势,具有较强就业吸引力,开发区及东部地区是域内主要就业活动空间;鹿泉区具有一定的休闲活动吸引力,但相对较弱,与主城区存在一定差距;根据热力值变化情况,区域内乡镇可分为休闲活力地区、休闲就业活力地区、就业活力地区和居住活力地区 4 种类型。

关键词:宜出行数据;人口时空分布;核密度分析;鹿泉区

中图分类号:C922 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)04-0129-08

人口及其时空变化规律是国土空间规划工作中重要的基础数据,城市各类公共资源、设施的配置都以服务人口为依据,获取人口数据对规划决策起到关键性作用^[1]。以“数字化”推动空间规划体系构建,支持国土空间规划监测、评估、预警,是国土空间规划体系监督实施的部署要求^[2]。

在过去针对城市人口活动研究中,使用的数据类型主要有经济统计数据、人口普查数据、土地利用数据、遥感影像数据、专项调查数据等。例如:刘涛等基于第五次、第六次全国人口普查数据,研究了国内流动人口空间格局的演变特征、形成机制及其城镇化效应^[3];罗阳欣等使用高分辨遥感数据开展了昼夜人口空间分布定量模拟研究^[2]。随着经济水平的发展,人口在不同区域内呈现出频繁的大规模流动,传统统计方式数据更新时间长,空间尺度上不易在最小统计单元内进一步细化,不能够及时反映城市快速发展过程中伴随的人口流动趋势,在对以商务、旅游等目的为主的短期驻留人口的准确测度工作中略显不足^[4]。随着科学技术发展进步,大数据时代的到来,实时交通出行数据^[5]、热力图数据^[6]、手机信令^[4,7-8]、社交媒体签到数据等一系列数据量大、时效性强、尺度精细的时空数据在城市研

究中逐渐得到运用。其中手机信令已在城市人口活动研究中得到广泛应用,但其信号的强弱会对位置精度产生影响,其单频段的特质在表征真实人口分布时仍略显不足^[9],同时之前的研究中缺乏对乡镇尺度内的人口时空分布研究。

综合前人研究的基础,使用微信宜出行热力图数据,以石家庄市鹿泉区人口活动为研究对象,从工作日和休息日两个角度探究城市人口活动的时空变化规律,为未来城市的规划建设提供科学参考。

1 研究数据与方法

1.1 研究区概况

鹿泉区位于石家庄市西部,辖区国土面积约 613.96 km²,东西最宽处达 21.5 km,南北最长处为 42.5 km,下辖 9 镇 3 乡 1 个开发区(图 1)。第七次人口普查常住人口 58.83 万人,常住人口占全市总人口的比重较 2010 年增加 0.98 个百分点。2020 年,全区生产总值完成 300.9 亿元,处于市域区县经济发展“第一梯队”。区内地形呈现西高东低,地形自西向东倾斜,坡降为 3%~5%。西部为低山丘陵区属,太行山余脉,东部由水流冲积形成的洪积平原,涵盖了山区半山区、丘陵区和平原区。

区内交通便捷,与主城联系紧密。鹿泉区是石

收稿日期:2021-12-01

作者简介:卫青春(1988—),男,安徽舒城人,中规院(北京)规划设计有限公司江苏分公司,城市规划师,研究方向为城乡规划;通信作者周俊(1997—),男,贵州贵阳人,中规院(北京)规划设计有限公司江苏分公司,助理规划师,农业硕士,研究方向为国土空间规划与生态修复。

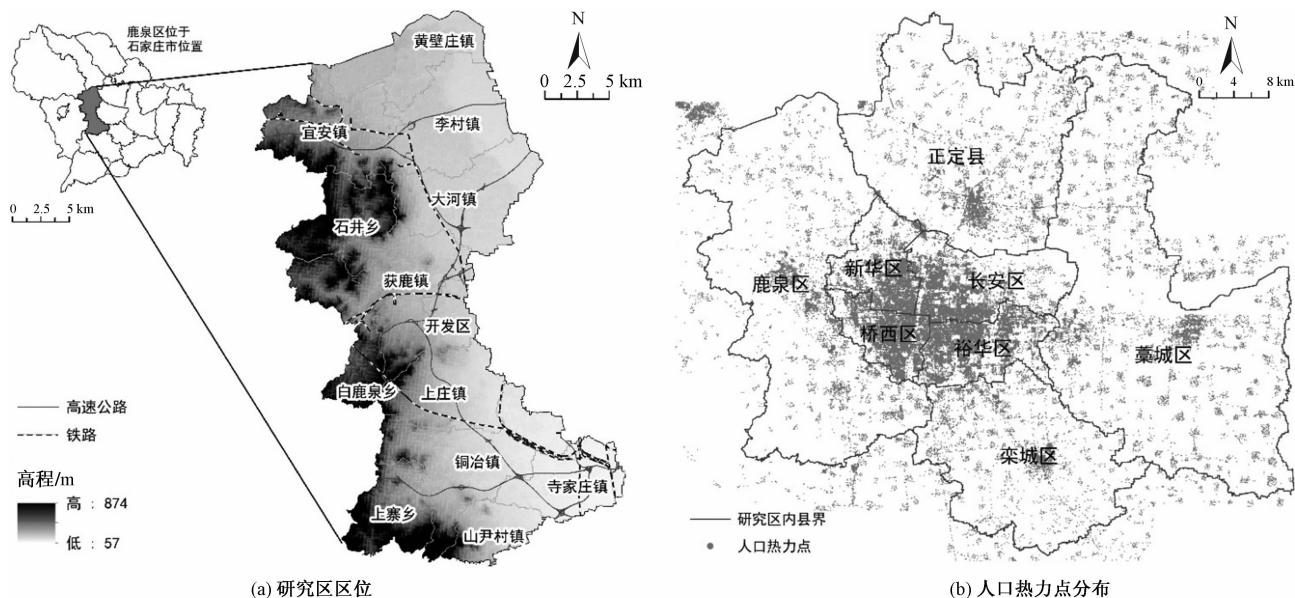


图1 研究区区位及人口热力点分布图

家庄西门户,全区有2条铁路(大宋铁路支线、京广铁路货运专线)、5条高速(石太高速公路、张石高速公路、青银高速公路、西柏坡高速公路、石家庄绕城高速)、4条国道(G107、G207、G234、G307)和多条省道经过。

1.2 数据来源与处理

宜出行数据是腾讯以其系列产品记录的活跃用户实时位置为基础打造的一个位置服务产品,能够反映一定区域内人口的空间分布情况^[10],查看某地区的人流实况以及拥挤度。通过Python程序,以2h为间隔,分18次抓取了各石家庄主城区(新华区、桥西区、长安区、裕华区)、鹿泉区、藁城区、栾城区、正定县(以下统称石家庄市区)共2594 km²范围内,12月26日(工作日)、12月28日(休息日)8:00—24:00的热力数据近180万条。原始数据为CSV格式的点阵数据,各数据点之间相距25 m,数据结构中4个字段分别记录了人口热力值、经度、纬度、获取时间信息。在对数据进行坐标纠正后,使用ArcGIS10.2软件依据经纬度信息将原始数据展绘至地理空间数据库,得到人力点分布空间点阵数据。

1.3 研究方法

1.3.1 基于核密度分析的人口热力图绘制

核密度分析在城市热点研究方面得到广泛应用^[11]。宜出行原始数据经展绘后为空间点阵数据,利用ArcGIS10.2软件的核密度分析工具中的核函数,以count字段记录的人口热力值为输入数据,设置搜索半径参数值1 km,将各个点拟合为密度栅格

表面,输出像元大小为100 m。

1.3.2 基于空间关系的人口时空特征分析

使用ArcGIS10.2软件中的空间链接工具,以各级行政区矢量范围为统计单元,将热力点与各区县、乡镇进行空间连接,统计各区域内的人口热力数值,量化得出各区县、乡镇人口变化趋势。通过数学计算、交叉验证等手段总结各区域人口分布的空间分异特征。参考之前学者研究结果,将8:00—18:00定义为工作时段,18:00—24:00定义为晚间时段^[12]。

2 结果分析

2.1 城区间人口活动时空变化分析

2.1.1 城区间人口活动时间变化

2.1.1.1 工作日人口活动时间变化分析

从工作日石家庄市区各区县人口活动热力变化曲线[图2(a)]中可见,工作日一天内石家庄市区的人口热力呈现“M”形变化,在10:00左右达到第一个峰值,之后逐渐下降,在18:00达到最低值后开始上升,并在22:00达到第2个峰值。这可能是因为早上8:00居民已经开始一天日常活动,腾讯产品采集到的人口热力逐渐增加,在10:00就业活动为达到最高并维持一段时间,12:00之后居民开始由就业活动逐步转向休闲活动,人口热力逐渐下降,18:00以后居民可支配时间增加,丰富的休闲活动促进居民活动越加频繁,一直持续至22:00,之后逐渐转入居住活动。

具体各县区来看,早上8:00,新华区、裕华区、长安区、正定县的人口热力值高于石家庄市平均水

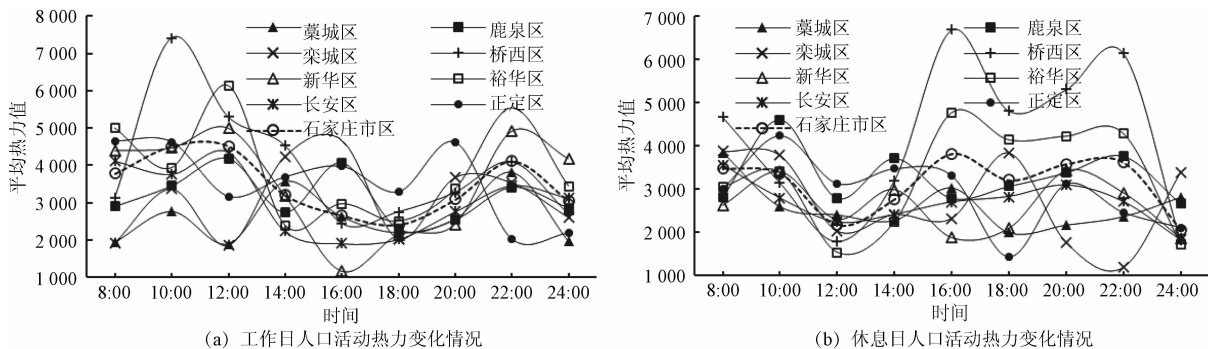


图 2 石家庄市各区县人口活动热力变化

平,随着时间的推移,正定县的人口热力值总体呈下降趋势,18:00 后再次回升,在 20:00 达到局部峰值。这可能是正定县流动人口中以外出务工人员为主,早上大量人员外出至城区工作,在通勤时段内具有较高的人口热力,随着流出人口的增加,人口热力逐渐降低;中午 12:00—14:00 部分居民由工作地外出就餐或回家休息并再次返回造成热力值小幅上升,18:00 后人群陆续下班返回外围各区域热力值回升。

通过对比热力分布的绝对值(宜出行热力数据反映的是拥挤程度,数据无单位,因此仅针对数值进行数学计算和分析)可以看出,鹿泉区与主城区的桥西、新华、裕华三区工作日 12:00 热力远大于早晚热力,桥西区的热力比值最大,人口热力值是早上 8:00 的 1.69 倍、晚上 24:00 的 1.97 倍;其次是鹿泉区,分别为 1.45、1.46 倍。这可能是这四区提供了较多的就业岗位,具有一定的就业吸引力,流动人口中往返与城区间的通勤人口占有较大比例。

2.1.1.2 休息日人口活动时间变化分析

从休息日石家庄市各区县人口活动热力变化曲线[图 2(b)]中可见,休息日石家庄市人口活动与工作日呈现出不同的规律,人口活动热力峰值明显后移,主要集中在下午和晚上,在 16:00 达到一天峰值之后保持相对稳定的状态直至 22:00。这种变化与居民在工作日、休息日生活节奏不同是相吻合的。在休息日,人们的活动较少受到工作的影响,活动时间相对自由,而“晚睡晚起”的作息方式使得日常活动在时轴上向后推移。个人可支配时间的增多,也使得餐饮、休闲、游憩等活动不再局限工作日晚上,更多人愿意选择在下午出门,因此活动热度在时轴上分布相对靠后且局部集中^[13]。

在 8:00—12:00 时段内,桥西区、栾城区、藁城区、长安区人口热力值持续下降,其他各区在 10:00 达到第一个峰值之后,也开始呈现下降趋势,12:00

之后至 14:00 人口热力上升达到峰值或处于持续上升阶段,14:00 之后桥西区、裕华区、鹿泉区人口热力值保持相对较高的水平,直至 22:00。通过对比休息日 14:00 与早晚 8:00、24:00 的人口热力值可以发现,鹿泉区 14:00 的人口热力值是早上 8:00 的 1.32 倍,明显高于其他县区,是晚上 24:00 的 1.39 倍,位于桥西区、正定县、新华区之前。这从侧面反映出,休息日鹿泉区流动人口中以休闲旅游活动为主的人口占有较大比例,区内承接了大部分居住在主城区内外出休憩的短期流动人口,即鹿泉区具有较强的休闲旅游吸引力。而鹿泉区夜间经济较弱,晚间时段对人口的吸引力较小,人口再次向桥西区、新华区域内休闲、购物场所集中。结合正定县工作日人口热力值变化情况可以判断,居住在正定县的人口相较于其他县区人口要较早的结束下班后的通勤及休闲活动,开始向居住活动的转变,并较早进入休息时间,因此其休息日具有较高午晚比值。

2.1.2 城区间人口活动空间动态变化

以 2 h 为间隔,对各时间点记录的人口热力值进行核密度分析后,将核密度值缩小 1 000 倍进行空间可视化,分别得到石家庄市工作日[图 3(a)]、休息日[图 3(b)]一天的人口空间分布动态变化。在核密度分析图中,颜色越偏深,则表示核密度越大,即活动频度越大,活动越集聚;反之则表示核密度低,活动频度越小。

从图 3(a)可以看出,工作日石家庄市内人口分布具有明显的中心结构,各时段中心城区和其他地区的人口密度具有显著差异。石家庄市的人口分布总体表现为居住较为分散、就业较为集中,人口活动在工作日一天内经历了“白天向心,夜间离心”的动态变化过程,有明显潮汐现象,就业活动是人口流动主要驱动因素。具体从时间上来看,上午 8:00—12:00,人口从外围非中心城区向中心城

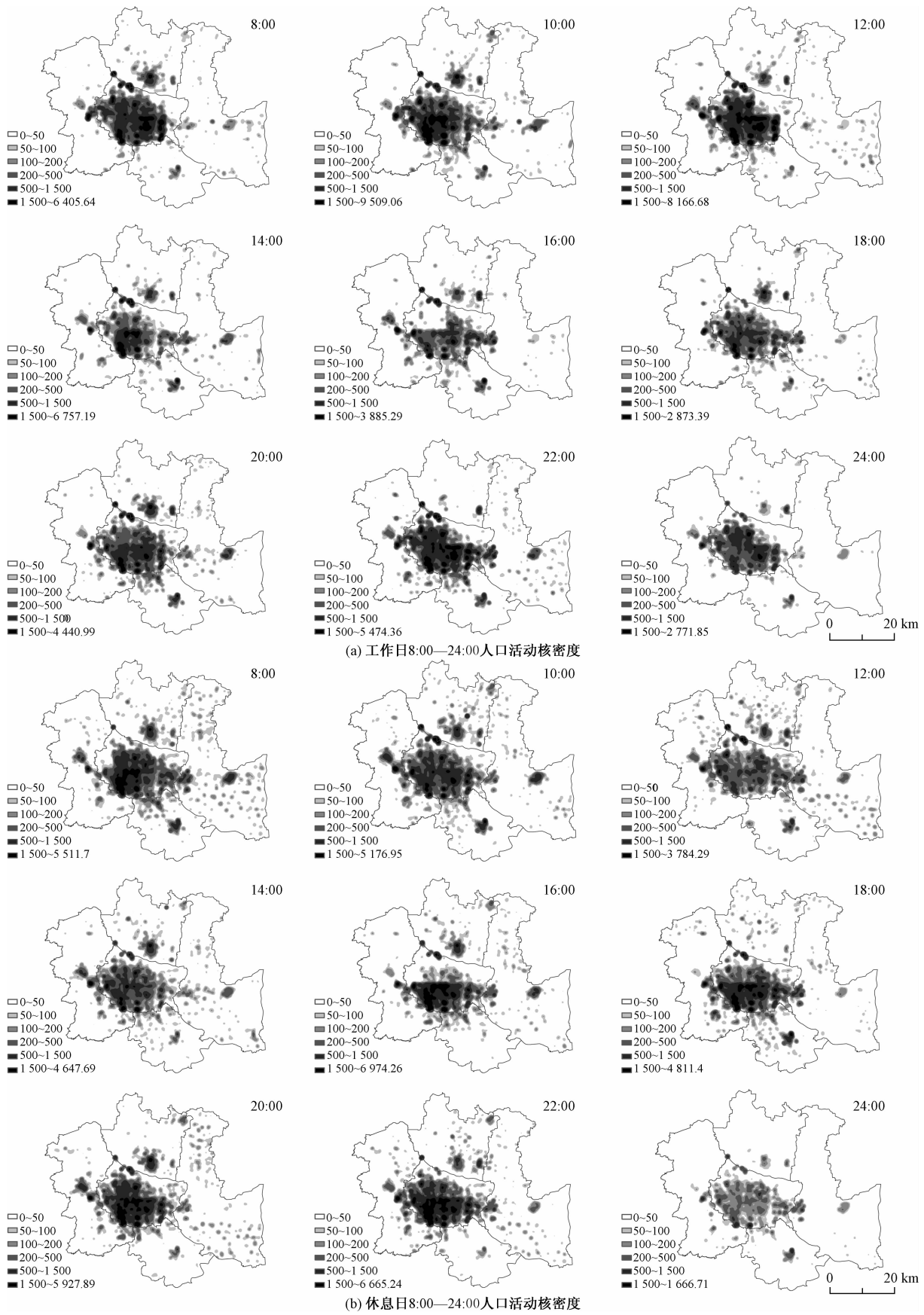


图 3 石家庄市不同时段人口活动核密度分析结果

区流动集聚,外围地区与主城的重要联系通道的对应空间上呈现出条带状活力区,10:00 中心城区的人口活动频度达到最高,集中在一环以内,这一聚集形态一直持续到下午 18:00 左右。外围地区人口活动主要聚集在区域就业空间、与主城的重要联系通道与节点、高等院校以及区域性对外联系的重要交通枢纽。18:00 以后,中心城区人口逐渐开始向外围非中心城区回流,虽然活动空间的集聚中心仍然在一环以内,但是核密度值明显下降,外围地区区域中心核密度值逐渐升高并达到较高水平。在扩展方向上,中心城区西侧的鹿泉区已与中心城区连片发展,与主城融合发展态势和人口集聚程度均高于正定县、栾城区、藁城区,与主城区同城化发展态势显著。

由于休息日大部分居民无须上班(不包括服务业从业人员)以及居民活动在时间轴上出现往后的偏移,因此早上 8:00 的核密度分布更多反映了居民居住活动的空间分布情况^[13]。从图 3(b)来看,休息日人口活动动态变化与工作日呈现不同的规律,表现为“上午离心,下午至夜间向心”的动态变化过程。在各时间段,早上 8:00 人口活动高聚集区主要分布在石家庄市一环以内,但是集聚程度较工作日低,外围地区与主城的重要联系通道的对应空间上也没有出现明显的集聚态势。8:00—14:00 中心城区核密度值逐渐降低,周边县区形成多个分散分布的点状低密度人口活动区,16:00 后中心城区人口活动频度逐渐升高直至 22:00。这可能是由于各郊区离散分布的休闲娱乐区域,对人口存在一定的吸

引力,但对人口的集聚程度有限,只能较低水平的人口集聚区。

2.2 鹿泉区域内人口活动时空变化分析

2.2.1 域内人口活动时间变化

从工作日 8:00、12:00、18:00、24:00 这 4 个具有代表性的时间点人口活动热力值的绝对值和比值[图 4(a)]来看,开发区在各时间段内均有较高的人口活动热力值。中午 12:00,李村镇、大河镇、白鹿泉乡、上寨乡 4 个乡镇的人口热力值小于早上热力值,大河镇变化最为明显,午间热力值不到早上的 1/3。其他各乡镇均有不同幅度的升高,黄壁庄镇、山尹村镇、寺家庄镇、铜冶镇增长最为显著,开发区的热力值仍处于领先地位。说明这些乡镇就业热力大于居住热力,即流动人口中就业活动人口占有较大比例。从侧面反映出这些乡镇具有较多就业岗位或就业机会、就业吸引力较强。而大河镇就业热力小于居住热力,即流动人口中就业活动人口比例较低,因此早晚通勤时段表现出较高的热力值。

从休息日 8:00、14:00、18:00、24:00 这 4 个具有代表性的时间点人口活动热力值的绝对值和比值[图 4(b)]可以看出,休息日人口热力值午间上升的乡镇转变为白鹿泉乡、黄壁庄镇、开发区、上寨镇。开发区上升最为明显,黄壁庄镇、上寨镇保持持续上升的态势直至傍晚,中午热力值分别是早上的 1.84 倍和 1.61 倍。大河镇、上寨乡仍是热力值降低的主要区域,说明这两个乡镇休闲旅游热力小于居住热力,即流动人口中休闲旅游活动人口占比较低。

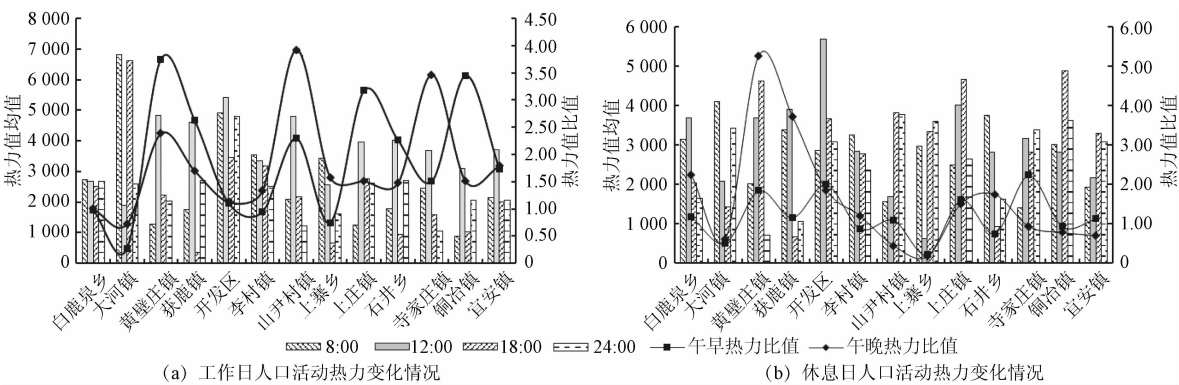


图 4 鹿泉区各乡镇人口活动热力变化

2.2.2 域内人口活动空间变化

总体来看,工作日鹿泉区各乡镇人口活动热力分布呈现显著的东西分异和南北分异特征[图 5(a)]。中南部地区是人群聚集地区,开发区人

口集聚程度最高,12:00 热力值与主城的中山路商圈、南部科教园相当。西部白鹿泉乡、石井乡、上寨乡热力普遍较低。北部黄壁庄镇、宜安镇、李村镇、大河镇在早晚时段热力较高且相对分散,在工作时

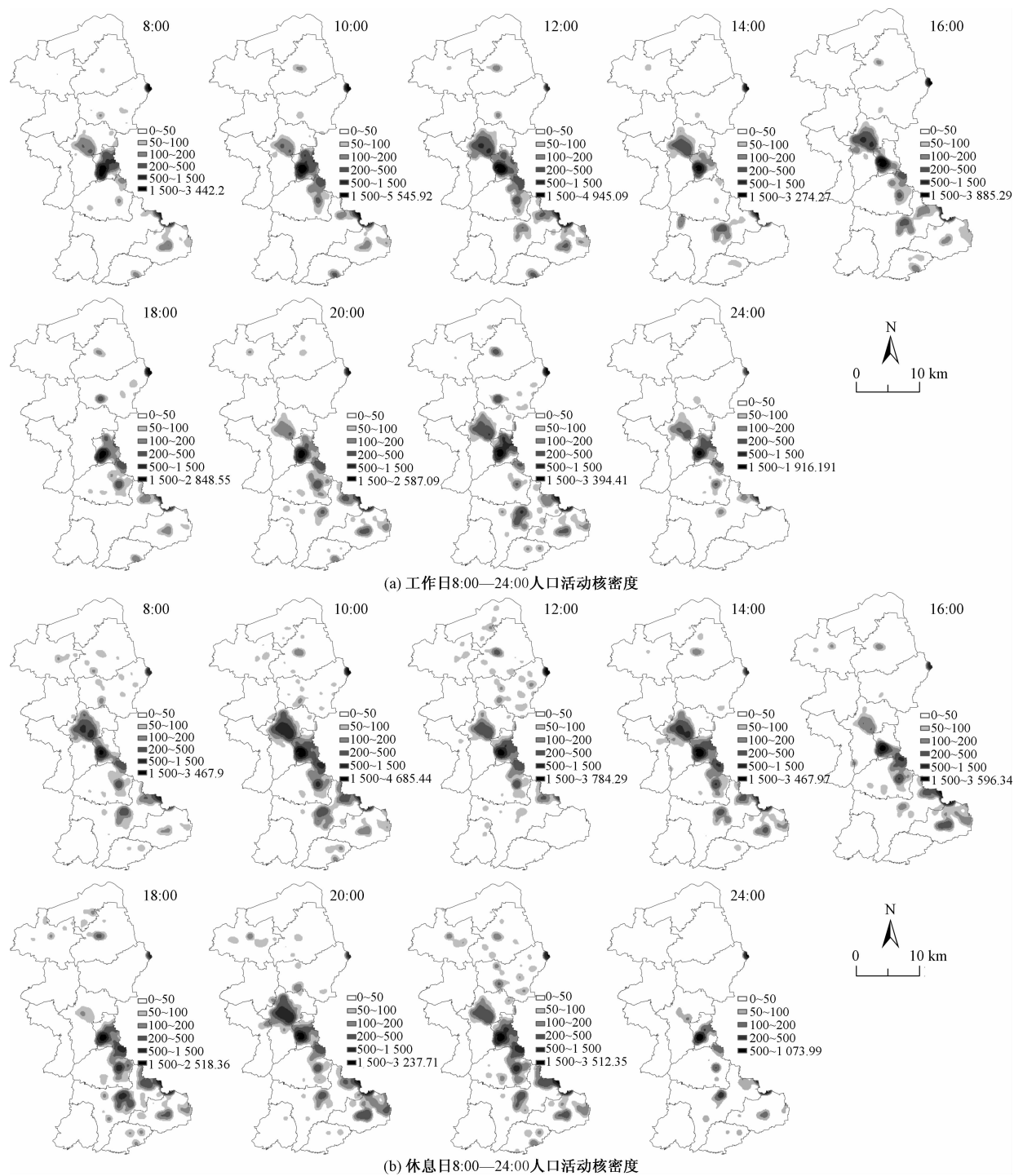


图 5 鹿泉区不同时段人口活动核密度分析结果

段热力较低且相对集中。南部上庄镇、铜冶镇、寺家庄镇、山尹村镇热力普遍较高，早晚时段热力分布较为分散，工作时段热力分布较为集中，且呈现出东密西疏的态势，这可能是由于这几个乡镇中具有一定数量的企业，且集中分布在东部区域，在工作吸引大量的就业人口流入。

休息日鹿泉区各乡镇人口分布与工作日呈现

相同的東西分异和南北分异特征[图 5(b)]。中东部获鹿镇、开发仍是全区热力最高的地区，西部石井乡、上寨乡热力仍处于较低水平。与工作日不同的是，白鹿泉乡、抱犊寨、西部长青、铜冶北国奥莱在中午时段小规模集聚，是周末城区居住人口的短程休闲旅游热点地区。北部黄壁庄镇、宜安镇、李村镇、大河镇和南部上庄镇、铜冶镇、寺家庄镇、山

尹村镇热力分布分散与集聚并存,与工作日热力早晚分散、工作时段集中态势形成对比。

2.3 基于热力值的乡镇类型划分

根据工作日和休息日的午早热力比值的分布情况(图 4),将鹿泉区乡镇分为以下 4 类(表 1),分别为休闲活力地区、休闲就业活力地区、就业活力地区和居住活力地区。其中,西部的白鹿泉乡为休闲活力地区,休闲旅游吸引力较大,就业吸引力较小,以休闲旅游功能为主;中东部的获鹿镇、开发区、南部的上庄镇、寺家庄镇和北部的黄壁庄镇为休闲就业活力地区,休闲旅游和就业吸引力均较大,兼顾休闲旅游和就业功能;北部的石井乡和南部的铜冶镇、山尹村镇为就业活力地区,就业吸引力较大,休闲旅游吸引力较小,以就业功能为主;北部的李村镇、大河镇和西部的上寨乡为居住活力地区,休闲旅游和就业吸引力均较小,以居住功能为主。

表 1 乡镇活动分类

类型	工作日午早热力比值	休息日午早热力比值
休闲活力地区	≤ 1	> 1
休闲就业活力地区	> 1	> 1
就业活力地区	> 1	≤ 1
居住活力地区	≤ 1	≤ 1

3 结论与讨论

以鹿泉区人口活动为研究对象,利用微信宜出行热力图数据,对探究城市人口活动的时空变化进行探析,得到以下结论:

1)微信宜出行热力图能够表征城市人口活动的动态变化,工作日石家庄市城市人口活动呈现出“白天向心,夜间离心”的动态变化过程,主要受到就业空间分布的影响,休息日则表现出与之相反的变化趋势。石家庄市城人口活动在一环内部有着较高的活动热度,高活动热度点除了集中在因职住往返需要的商业办公区、学校、医院和重要的交通枢纽站点外,在外围地区与主城的重要联系通道上形成条带状活力区。

2)鹿泉区的就业吸引力较强,开发区东部地区是域内主要就业活动空间,呈现出与主城同城化发展态势。鹿泉区东侧沿线已与中心城区连片发展,与主城融合发展态势和人口集聚程度均高于正定县、栾城区、藁城区。

3)鹿泉区具有一定的休闲活动吸引力,但相对较弱,与主城区存在一定差距。鹿泉区在休息日承接了大部分主城区外出休憩的短期流动人口,域内

流动人口中以休闲旅游活动为主的人口占有较大比例,白鹿泉乡、西部长青是周末城区居住人口的短程休闲旅游热点地区,能够形成小规模的人口聚集。

4)鹿泉区内各乡镇呈现南中北、东中西分异格局。北部以居住、就业功能为主,南部以就业功能为主,东部以休闲功能为主,中心城区则以综合服务功能为主。

借助宜出行数据的分析研究,能够更加便捷、动态、客观地反映短期流动人口在城市中的动态分布和活动特征,进而更加全面深入地探讨城市环境与人们时空行为的互动关系,为城市规划与设计、城市管理提供科学参考。当然,开展研究时也应注意到宜出行数据仅能代表使用腾讯位置服务的人群流动状况,不能够完全代表城市人口的真实情况,以后可以结合手机信令数据、夜光数据等完善数据渠道,以更好刻画城市人口活动情况。

参考文献

[1] 李明晓,陈洁,张恒才,等.上海市精细时空尺度人口分布估计与特征分析[J]. 地球信息科学学报,2017,19(6): 800-807.

[2] 罗阳欢,祝善友,张桂欣,等.南京市秦淮区昼夜人口空间分布估算与分析[J]. 长江流域资源与环境,2018,27(5): 1020-1030.

[3] 刘涛,齐元静,曹广忠.中国流动人口空间格局演变机制及城镇化效应:基于 2000 和 2010 年人口普查分县数据的分析[J]. 地理学报,2015,70(4):567-581.

[4] 陈伟,翟国方,张义杰.基于手机信令数据的人口高精度时空分布特征研究:以天津市小白楼 CBD 片区为例[J]. 资源开发与市场,2019,35(10):1266-1272.

[5] 张健钦,仇培元,杜明义.基于时空轨迹数据的出行特征挖掘方法[J]. 交通运输系统工程与信息,2014,14(6): 72-78.

[6] 吴志强,叶锺楠.基于百度地图热力图的城市空间结构研究:以上海中心城区为例[J]. 城市规划,2016,40(4):33-40.

[7] 钟炜菁,王德,谢栋灿,等.上海市人口分布与空间活动的动态特征研究:基于手机信令数据的探索[J]. 地理研究,2017,36(5):972-984.

[8] 李明晓,陈洁,张恒才,等.上海市精细时空尺度人口分布估计与特征分析[J]. 地球信息科学学报,2017,19(6): 800-807.

[9] 关文川,吴志峰,吴卓,等.基于微信宜出行数据的城市人口活动时空探测及其影响因素分析[J]. 现代城市研究,2021(8):2-9.

[10] CHEN Y M, LIU X P, LI X, et al. Delineating urban functional areas with building-level social media data: A dynamic time warping (DTW) distance based k -medoids method[J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 160:

48-60.

[11] 段亚明,刘勇,刘秀华,等. 基于 POI 大数据的重庆主城区多中心识别[J]. 自然资源学报,2018,33(5):788-800.

[12] 刘云舒,赵鹏军,梁进社. 基于位置服务数据的城市活力研究:以北京市六环内区域为例[J]. 地域研究与开发,2018,37(6):64-69,87.

[13] 王波,甄峰,张浩. 基于签到数据的城市活动时空间动态变化及区划研究[J]. 地理科学,2015,35(2):151-160.

A Study on the Spatial and Temporal Dynamics of Population Activities Based on Easy go Data:
Taking Luquan District of Shigiazhuang as an example

WEI Qingchun, ZHOU Jun

(CAUPD Beijing Planning & Design Consultants LTD Jiangsu Branch,Nanjing 210000,China)

Abstract: Using a Python program to capture thermal data of population distribution in the study area, the spatial analysis method and the kernel density analysis tool in ArcGIS software were used to explore the spatial and temporal characteristics of population activity distribution in the study area and the townships under its jurisdiction at different times. The results show that the population activities show a dynamic process of “centripetal during the day and centrifugal during the night” on weekdays, and the opposite on rest days. The Luquan district shows a development trend of co-location with the main city and has a strong employment attractiveness, with the development zone and the eastern part of the district being the main space for employment activities. The Luquan district has a certain leisure activity attractiveness, but relatively weak, and there is a certain gap with the main urban area. According to the change of heat value the townships in the region can be divided into four types, including leisure vitality areas, leisure employment vitality areas, employment vitality areas and residential vitality areas.

Keywords: easy go data;spatial and temporal distribution of population;kernel density analysis;Luquan District