

基于多源数据的城市空间活力时空特征分析

——以南京市河西、仙林新城为例

翟青¹ 李淼¹ 蒋文鑫²¹

(1. 南京邮电大学 地理与生物信息学院, 江苏 南京 210023;

2. 南京大学 建筑与城乡规划学院, 江苏 南京 210093)

【摘要】: 采用微信宜出行数据、传统规划数据, 探索南京市河西和仙林新城的空间活力时空特征。结果发现: ①在空间层面, 河西呈“东高西低、北高南低”的集聚特征, 仙林活力分布与高校区位高度匹配。②在时间层面, 河西呈“降—升—降—升—降”的波动特征, 仙林呈“降—升—平缓”的波动特征。③工作日的河西活力集中在居住区, 休息日集中在商业区; 仙林在工作日和休息日无差异, 均分布在高校区及其周边的商业区。

【关键词】: 空间活力 大数据 时间与空间 新城

【中图分类号】: TU984.14 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1005-8141(2021)02-0153-08

城市空间活力一直是城市规划学关注的议题。早在20世纪60年代,“活力”就被认为是评价城市空间形态质量的首要指标^[1]。人们的行为活动与承载活动的场所相互交织会产生并激发城市空间活力^[2],同时城市空间活力还受到经济、社会、文化等因素的影响^[3]。以街道空间^[4,5]、公共空间^[6]、轨道交通站域空间^[7]为研究对象的实证研究证明,城市空间活力是由交通、周边环境及配套、公共基础设施、微观品质等多种因素的综合作用。

随着大数据时代的到来,研究数据源从问卷调查、深度访谈、评价指标等传统渠道拓展至POI数据、LBS数据、手机信令数据、百度热力图等网络渠道,聚焦于人们的时空行为活动,研究方法由定量分析、统计分析拓展至ArcGIS空间分析。王德、王灿、谢栋灿等利用手机信令数据,以散点的形式进行可视化表达,以消费者覆盖率为指标,将上海市划分为核心、次级、边缘三级商圈,描述了商圈的基本特征,并进一步验证了城市商业中心地体系中等级结构的存在^[8];周素红、郝新华、柳林对海量浮动车(FCD)GPS数据进行时空分析,基于空间热点聚类分析方法,识别出了深圳市的两个重要的城市商业中心,并进一步验证了商业中心地理空间的衰减规律^[9];胡庆武、王明、李清泉利用街旁网位置签到数据,采用空间热点聚类方法对武汉商圈的分布特征进行了挖掘,并对实际商圈与城市规划商圈在空间上进行了比对,发现两者高度吻合^[10];焦耀、刘望保、石恩名利用POI数据,通过对广州市商业业态空间的研究,探寻了相关产业发展、城市用地开发、交通网络建设、消费者行为等多种因素对商业业态空间布局的影响^[11]。综上,商业空间是最具活力的空间类型,学者们开展了丰富的实证研究,但针对新城空间活力的研究相对有限。

1基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(编号:41601139);江苏省自然科学基金(编号:BK20160892);南京邮电大学校引进人才项目(编号:NY215016)。

作者简介: 翟青(1984-),女,江苏省南京人,博士,讲师,研究方向为智慧城市规划与空间研究。

李淼(2000-),女,河南省三门峡人,本科,研究方向为智慧城市规划与空间研究。

本文以南京市仙林、河西新城为例,采用传统规划数据与微信宜出行数据,从空间和时间两个维度对城市空间活力进行了量化评估。首先,运用核密度法和局域 Getis-Ord G_i^* 指数法分别识别工作日和休息日的河西、仙林新城城市空间活力的集聚区域与热点地区,探索其城市空间活力的空间分布特征。然后,分别计算工作日和休息日的不同时间段空间活力强度,分析城市空间活力的时间波动特征。本研究结论以期为新城规划和发展提供基于实证的科学支撑。

1 研究区与数据来源

1.1 研究区概况

研究区为南京市河西和仙林新城(图1)。



图1 南京市行政区划

南京市是江苏省的省会城市,也是我国长三角地区唯一的一个特大城市,常住人口 850 万,市域面积 6587.02km²^[12]。伴随着城市化的进程,南京市先后规划建设了河西、仙林、城南、江北 4 个新城,承担南京市的部分城市职能和主城区的人口疏散。其中,河西新城于 2001 年开始规划建设,目前已发展成为仅次于新街口商业圈的中央 CBD,是南京主城西部的高档次、多功能的重要市级商业中心^[13];仙林新城则是依托仙林大学城建设而发展起来的,共有南京大学、南京师范大学等 12 所高校汇集于此,吸引了 20 多万的师生在此教学、学习与生活,仙林新城的居住区、商业设施及生活配套设施逐步建设完善,发展成为成熟独立的新城。

1.2 数据来源与处理

本文的研究数据来源于传统规划数据和网络数据。传统规划数据是河西和仙林的空间矢量数据(包括街区、地块、道路、建筑和自然环境等信息)与矢量化的土地利用现状图;网络数据是微信宜出行数据,是腾讯公司根据微信的定位功能所获取的用户位

置数据,包括经纬度、时间和请求次数。本文按工作日和休息日两种类型共获取了 5,108,032 条数据,数据包含从 0 点到 23 点共 24 个时间点,每一条数据代表了在某个类型日的特定时间和地点的人群数量。

本文的研究基础单元是地块,即最小的城市用地划分单位。根据研究需要,将传统规划数据和微信宜出行数据导入 ArcGIS 进行配准,删除不在研究范围内的数据,并对数据进行整合和清洗,建立综合的空间数据库。

2 研究方法

2.1 核密度估计法

核密度估计法(Kernel Density Estimation, KDE)最先由 Emanuel Parzen 和 Rosenblatt 提出^[14],它借助一个移动的单元格对点或线格局的密度进行估计。给定样本点 x_1, x_2, \dots, x_n , 利用核心估计模拟出属性变量数据的详细分布^[15]。本文选取的核密度估计函数公式为:

$$f_n(x) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n k \left[\left(-\frac{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}{h^2} \right) \right]^2 \dots \dots \dots (1)$$

式中,K为核函数; $(x-x_i)^2+(y-y_i)^2$ 是点 (x_i, y_i) 与点 (x, y) 之间的距离;n为范围内的点数;d为数据的维数,本文取 $d=2$;h为定义平滑量大小的自由参数,即带宽。实践中,选择带宽的方法主要有 Silverman 的“经验法则”(Rule-of-thumb)、交叉验证法(Cross-validation)和插入法(Plug-in)。本文选择采用 Silverman 的“经验法则”对最优带宽 h 进行计算^[16],计算公式为:

$$h = 0.9 \times \min \left(\sqrt{\frac{1}{\ln 2}} \times D_n, SD \right) \times n^{-0.2} \dots (2)$$

式中,SD 为标准距离;n 为数据点数;Dm 为中值距离。

2.2 局域 Getis-Ord G_i^* 指数法

局域 Getis-Ord G_i^* 指数由 Getis 和 Ord 提出度量观测值与周围邻居之间是否存在局部空间关联的 G*统计量^[17,18]。该统计量对给定距离范围内的要素及其相邻要素的总和与所有要素的总和进行比较,以分析目标属性值在局部空间上的集聚程度,计算公式为:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij}(d) X_j}{\sum_{j=1}^n X_j} \dots \dots \dots (3)$$

式中, X_j 为第 j 个地块的空间活力;n 为要素总数; W_{ij} 为空间权重矩阵,若第 i 个和第 j 个地块之间的距离在临界距离 d 内,将其赋值为 1,反之为 0。局域 Getis-Ord G_i^* 统计量的统计检验可采用标准化形式(Z 值)表示,计算公式为:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n W_{ij} X_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n W_{ij}}{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n X_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n W_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n W_{ij})^2}{n-1}}} \quad (4)$$

式中, δ_j 为第 j 个地块的空间活力强度指标; m_j 为 j 地块的位置请求次数; p_j 为 j 地块的面积。具体步骤包括: ①构建空间活力强度指标 $\delta_j = m_j / p_j$, 以地块为单元, 计算地块空间活力强度值。②通过 Global Moran' s I 指数确定要素属性值的空间自相关性。③依据所有要素都至少具有一个相邻要素, 且不与其他所有要素相邻的原则计算空间矩阵阈值。④通过热点分析, 探索河西和仙林地区城市空间活力分布的热点集聚特征。

2.3 定量分析法

为了深刻探讨城市空间活力的时间特征, 本文以微信宜出行数据为基础, 运用 EXCEL 软件对城市空间活力进行数值规律的分析。主要计算工作日和休息日两个类型日一天 24h 和 5 个时段的时均分布密度, 并探索出河西和仙林新城城市空间活力的时间波动特征。

两个类型日的城市空间活力强度: 本文中的微信宜出行数据包含工作日与休息日两部分。5 个时段的城市空间活力强度: 用一天 24h 中 5 个时段的时均分布密度代表该时段的活动强度。

3 河西新城空间活力特征

3.1 河西新城的空间分布特征

从工作日和休息日的核密度分析图来看, 河西新城的城市空间活力呈现显著的集聚特征, 具体表现为空间活力东高西低、北高南低(具体详见图 2 与图 3)。

在工作日, 工作时间段和非工作时间段的空间集聚中心存在显著差异(图 2)。以凌晨 5 点为例, 空间集聚中心主要分布在龙江、南湖和油坊桥等大型居住区, 空间集聚呈块状结构; 以下午 15 点为例, 空间集聚中心主要分布在地铁 2 号线沿线的商业区, 如中心广场、万达广场、金鹰世界、新城大厦, 空间集聚呈轴线串珠结构。与非工作时间段相比, 工作时间段的单个集聚中心范围相对较小, 集聚中心的分布更分散。

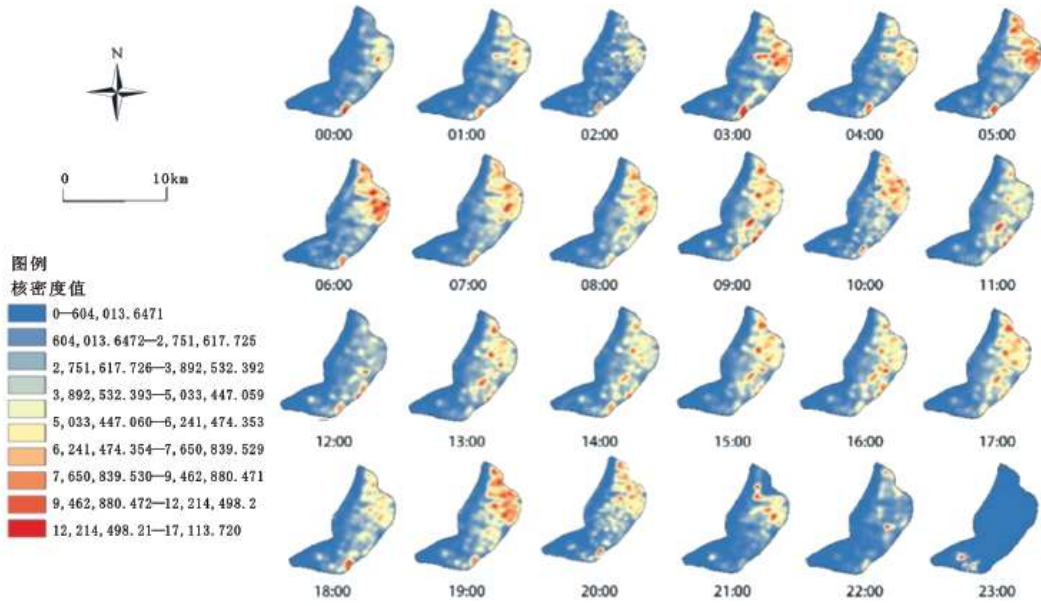


图 2 河西新城工作日 0:00—23:00 核密度分析结果

在休息日,河西新城空间集聚中心的变化与工作日有所差异(图 3)。由于没有了工作出行的需求,龙江、南湖和油坊桥等大型居住区的集聚密度的变化幅度下降,2 号线地铁沿线的商业区仅呈现点状式的集聚。人们外出游憩的高峰时段主要出现在中午(以 13 点为例),这说明河西新城已经基本形成了以地铁沿线为发展轴线,以地铁站为发展中心的空间发展模式,地铁站、居住区、商业区及其他配套设施的有机结合分布,能够满足新城居民的日常生活需求。

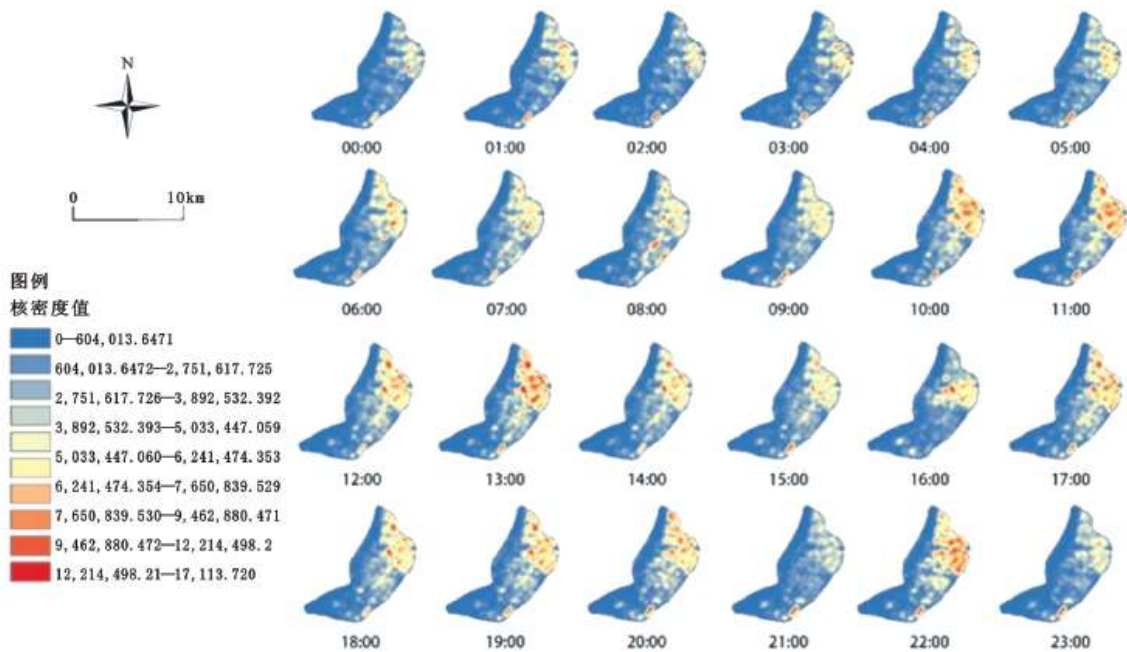


图 3 河西新城休息日 0:00—23:00 核密度分析结果

本文采用局域 Getis-Ord G_i^* 指数法对河西新城活力的空间分布特征进行了分析,地块的城市空间活力分布符合热点分析聚类

模式的统计特征。对 Z 值进行可视化表达,其中 Z 值大于 1.96,且符合 95%置信度(概率似然值 $P < 0.05$)的区域,即为热点区域。

在工作日,河西新城共有 4 个显著热点区域(图 4a):万达广场、万科一光明城市、中胜地铁站(10 号线)和永初路地铁站(S3 号线)。以万科一光明城市为例,虽然自身是居住用地,但是周边用地性质多样,有奥体中心商业区、奥体东地铁站、两所中学等,自身及周边地区的空间活力均十分活跃,符合“高一高”集聚的特征,是空间活力的热点。其他 3 个热点区域则是居住区、写字楼与商业住宅混合区,周边也有多个地铁站分布,也符合热点“高一高”集聚的特征。

在休息日,河西新城共有 3 个显著热点区域(图 4b):龙江、紫金、永初路地铁站。其中,龙江和紫金均为住宅区,周边有完善的配套服务设施。

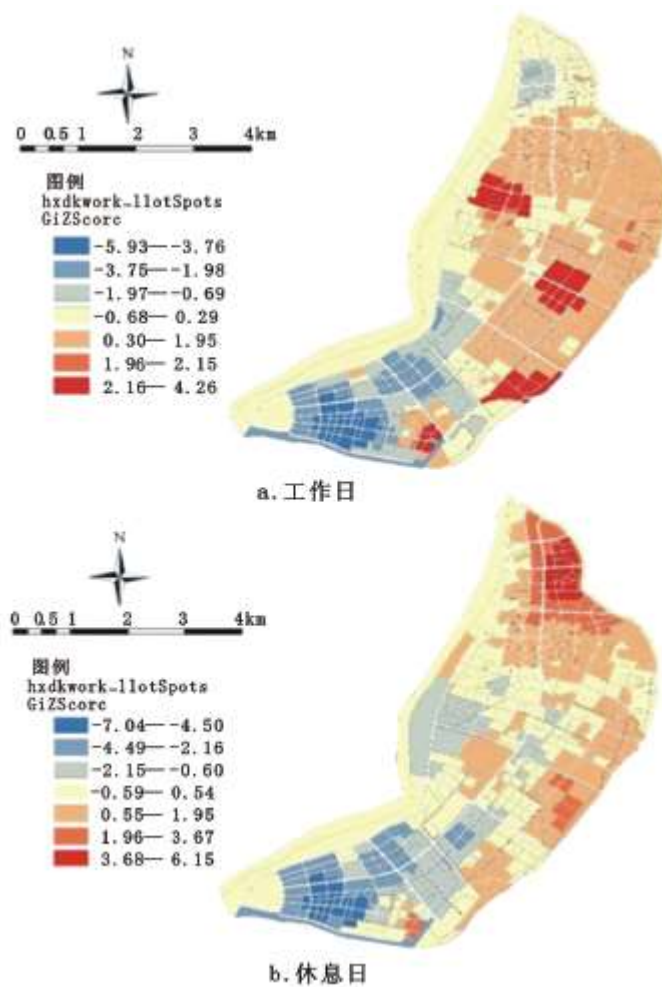


图 4 河西新城空间活力热点区域分布

3.2 河西新城的时间波动特征

河西新城的空间活力在 24h 内呈“降—升—降—升—降”的波动模式,空间活力的峰值和强度在工作日和休息日有差异(图 5)。工作日的时均城市活力(即分布密度)峰值略晚于休息日,工作日的城市空间活力强度要高于休息日。

河西城市空间活力 0-23 点间整体表现出为“降—升—降—升—降”。工作日的高峰值发生在 11 点,值为 $3.7 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$,低谷

值发生在 23 点, 值为 $0.03 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, 极差为 $3.67 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。休息日的高峰值发生在 12 点, 值为 $3.16 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, 低谷值发生在 2 点, 值为 $0.14 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, 极差为 $3.26 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。24 小时内出现多次较大幅度的波动, 主要是因为早晚通勤和午间活动造成的。工作日的 6-7 点、10-11 点、18-19 点和休息日的 5-7 点、10-12 点、17-19 点属于大幅上升阶段, 工作日的 7-8 点、11-12 点、19-20 点和休息日的 7-8 点、12-13 点、19-20 点属于大幅下降阶段。

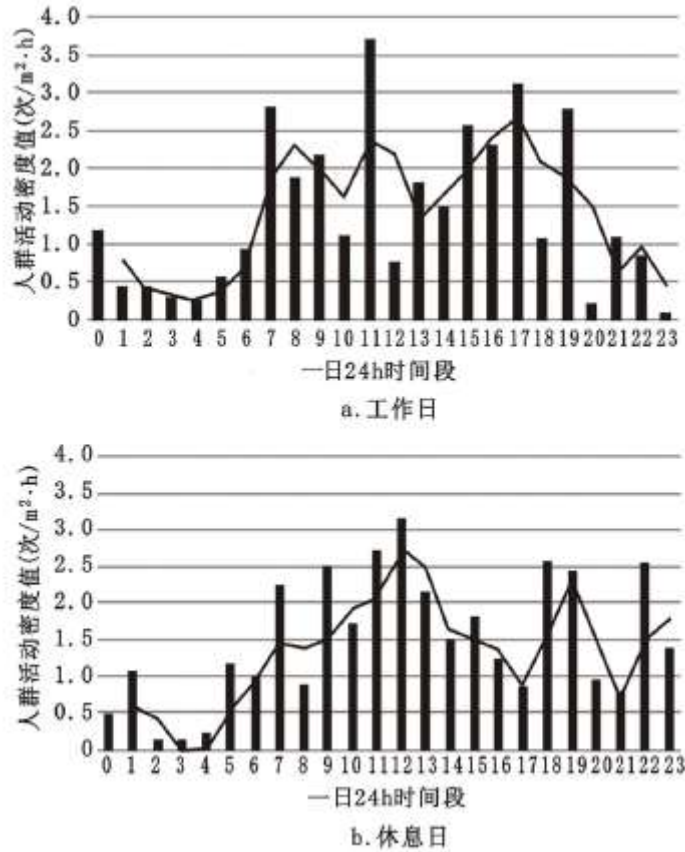


图 5 河西新城空间活力 24h 波动

将 24h 划分为 5 个时段: 夜间(0-6 点)、早通勤(6-9 点)、日间(9-17 点)、晚通勤(17-20 点)、晚间(20-24 点), 进一步分析河西空间活力的时间波动特征。河西空间活力表现出“活力低迷期—活力集聚期—活力活跃期—活力持续期—活力骤降期”的波动特征。日间时段既是工作日, 也是休息日的活力高峰时段, 该时段承载了人们工作、休闲、游憩等多种活动。在早通勤和晚通勤时段, 工作日的空间活力高于休息日, 这是由人们的工作出行需求所导致的。夜间和晚间时段是工作日和休息日的活力低谷时段, 但休息日的晚间活力显著高于工作日, 说明休息日晚间仍有较多的休闲与游憩活动发生。

4 仙林新城空间活力特征

4.1 仙林新城的空间分布特征

仙林新城的城市空间活力呈现显著的集聚特征, 集聚中心的分布与高校的分布高度匹配。在工作日, 从非工作时段到工作时段, 城市空间活力集聚中心的活力密度逐渐升高, 集聚面积逐渐变大, 集聚中心明显从居住区向商业区转移。以凌晨 5 点为例, 最大的集聚中心是文苑路以北的高校校区, 其次是仙林湖居住区和文苑路以南的居住区(图 6)。以下午 16 点为例, 集聚中心主要分布在文苑路以北的高校校区、文苑路以南的商业区和万达茂商业中心。

由于高校学生是居住在仙林新城的主要群体, 休息日的空间活力集聚中心的空间分布与工作日的差别不大。与工作日相比, 休息日的文苑路以南商业区的空间活力强度更大、持续时间更长(图 7)。

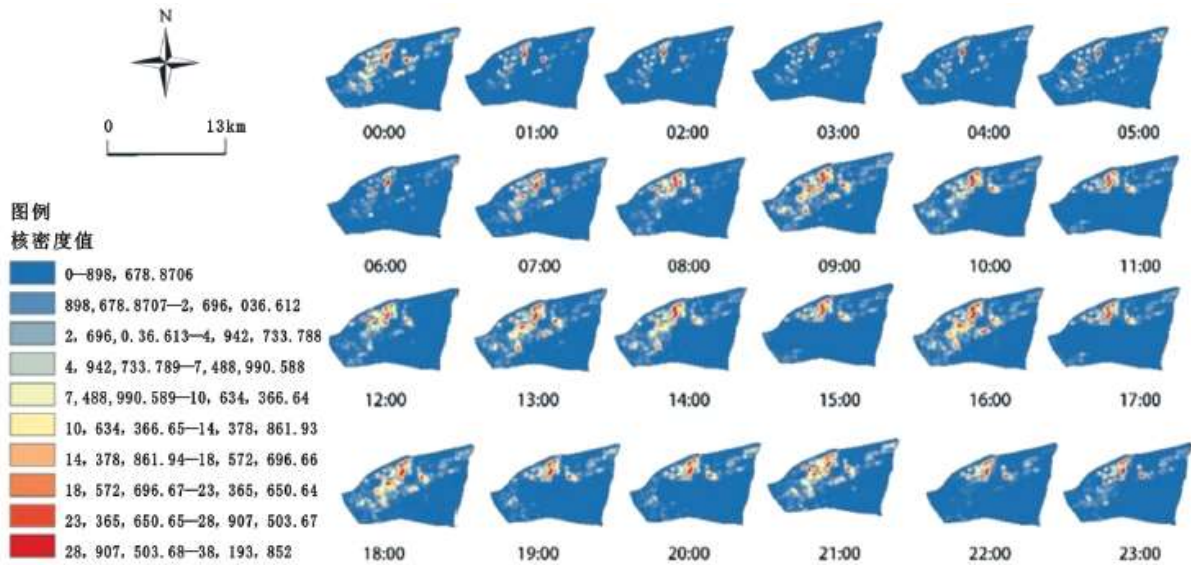


图 6 仙林新城工作日 0:00-23:00 核密度分析结果

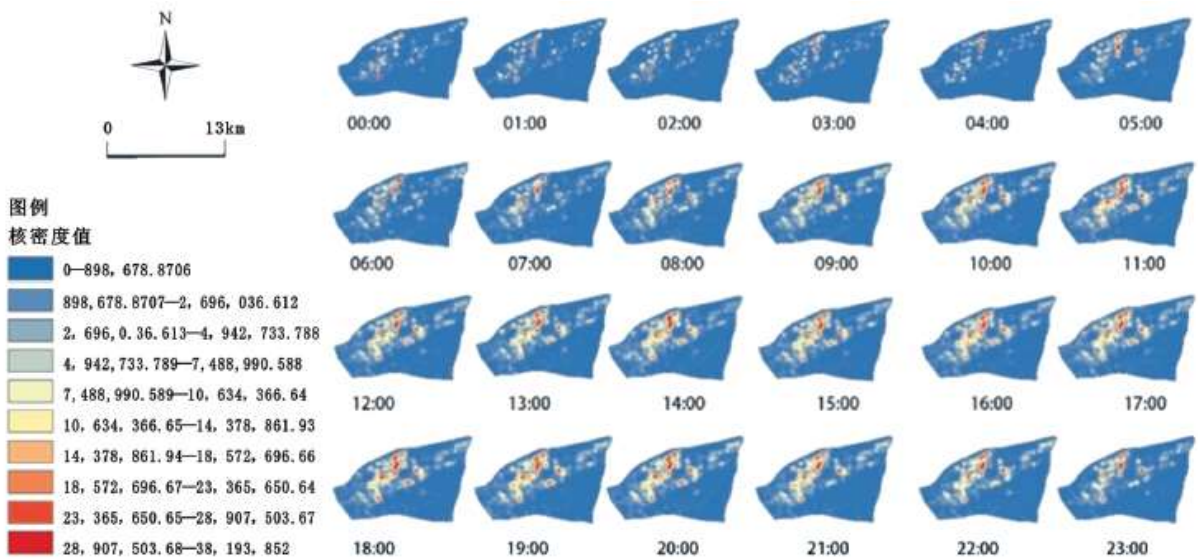


图 7 仙林新城休息日 0:00-23:00 核密度分析结果

本文采用局域 Getis-Ord G^* 指数法对仙林新城活力的空间分布特征进行分析, 城市空间活力强度符合热点分析聚类模式统计特征, 用于检验的 Z 得分大于 1.96 且符合在 95%置信度(概率似然值 $P < 0.05$)。

仙林工作日的城市空间活力热点分布较为分散, 主要分布在仙鹤、南京地理信息产业园、南京信息职业技术学院、南京理工大学紫金学院、南京工业职业技术大学、南京财经大学仙林校区, 南京审计大学金审学院仙林校区(图 8)。仙鹤为地区级商业中心, 周边被多个高校包围, 满足“高一高”集聚, 符合热点特征; 高校周边有其他高校群和住宅区, 城市空间活力活跃, 是统计意义上的

热点区域。

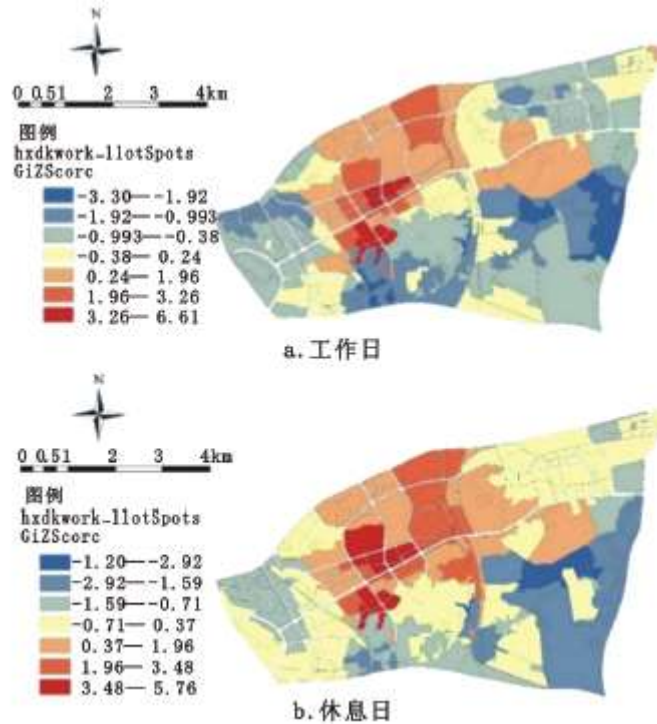


图 8 仙林新城城市空间活力热点区域分布

仙林休息日的城市空间活力热点分布较为集中,在工作日的基础上新增了南京工业职业技术大学、羊山公园地铁站,属于“高一高”集聚,是统计学意义上的高强度城市空间活力地块的聚集区。

4.2 仙林新城的时间波动特征

仙林新城的空间活力在 24 小时内呈“降—升—平缓”的波动模式,空间活力的峰值和强度在工作日和休息日有差异(图 9)。工作日的时均城市活力(即分布密度)峰值略早于休息日,城市空间活力强度要高于休息日。

仙林城市空间活力 0—23 点间整体表现为“降—升—平缓”。工作日的高峰发生在 12 点,值为 $4.20 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$,低谷发生在 5 点,值为 $0.03 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$,极差为 $4.17 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$;休息日波动高峰发生在 14 点,值为 $3.45 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$,低谷发生在 4 点,值为 $0.18 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$,极差为 $3.27 \text{ 次}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。与河西新城相比,仙林新城空间活力的时间波动相对较缓,早晚通勤表现不显著。工作日的 11-12 点、休息日的 13-14 点属于大幅上升阶段,工作日的 12-13 点、休息日的 14-15 点属于大幅下降阶段。

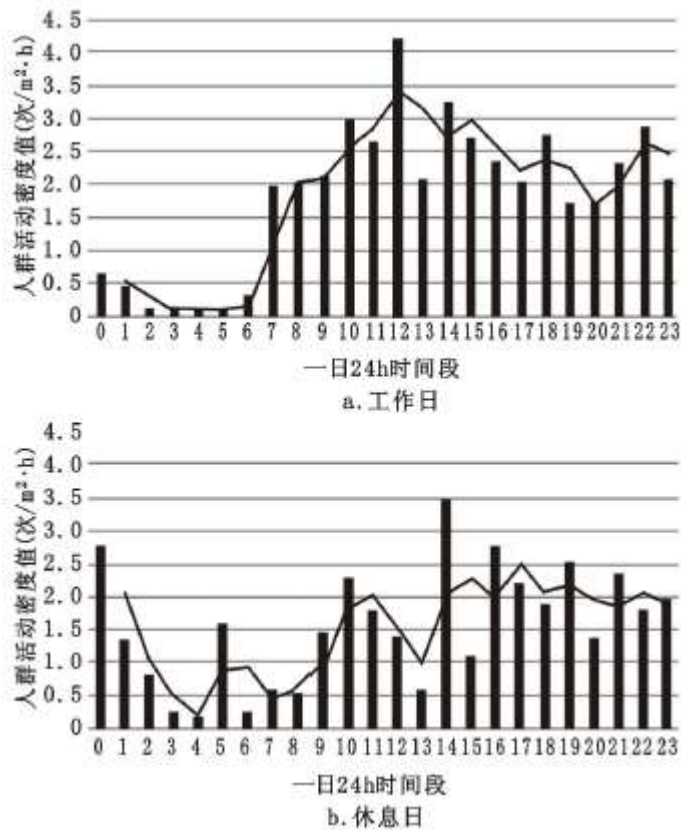


图9 仙林新城两个类型日城市空间活力的一日波动

将24h分为5个时段:夜间(0-6点)、早通勤(6-9点)、日间(9-17点)、晚通勤(17-20点)、晚间(20-24点),进一步分析仙林空间活力的时间波动特征。仙林空间活力在前两个时段差异明显,表现出“活力消沉期—活力回升期—活力集聚期—活力活跃期—活力持续期”的波动特征。日间时段既是工作日,也是休息日的活力高峰时段,该时段承载了工作、休闲、游憩等多种活动。在早通勤和晚间,工作日的空间活力高于休息日的,这是由于人们的工作和学习出行需求导致的。晚通勤工作日和休息日差别不大,和夜间的巨大差异,都是由于居住在仙林的主要群体是高校学生而产生的,学生休息日的夜间活动更为丰富。

5 结论与讨论

5.1 结论

本文以南京市仙林、河西新城为例,采用传统规划数据与微信宜出行数据,从空间和时间两个维度对城市空间活力进行量化评估。研究发现:在空间分布上,河西新城呈“东高西低、北高南低”的集聚分布特征,仙林新城的空间集聚与高校分布高度匹配;在时间波动上,河西新城呈现出“活力低迷期—活力集聚期—活力活跃期—活力持续期—活力骤降期”的波动特征,仙林新城则呈现“活力消沉期—活力回升期—活力集聚期—活力活跃期—活力持续期”的波动态势。

本文还借助多源数据,从工作日和休息日两个类型来探索城市空间活力的时空变化特征,研究发现:在空间分布上,河西新城的城市活力工作日主要集聚在万科-光明城市等居住区,休息日主要在地铁2号线沿线的商业区的集聚;仙林新城的城市活力工作日和休息日的集聚中心都主要分布在文苑路以北的高校校区和文苑路以南的商业区;在时间波动上,工作日与休息日并不同步,河西新城的工作日人群活动密度峰值要早于休息日,仙林新城的峰值比休息日晚些,但工作日的人群活动强度均要高于休息日。

5.2 讨论

对城市空间活力的量化分析,有助于准确评估新城建设和发展质量,为新城的高质量发展提供规划依据和定量支撑。本文采用微信宜出行数据,既可视化了城市居民的时空分布,又量化了城市空间活力,能较为准确地识别空间集聚热点。由于河西新城与仙林新城的发展定位不同,二者的空间活力时空特征存在着一定的差异。河西新城是继新街口商圈之后的南京市第二个商务中心,已经基本形成了以地铁沿线为发展轴线,以地铁站为发展中心的空间发展模式;仙林新城是依托仙林大学城发展起来的城市副中心,居住区、商业区的空间活力仍有待强化,未来发展需优化地铁站、居住区、商业区及其他配套设施的有机结合。总之,基于空间活力的视角,河西新城发展比仙林新城发展更好一些。河西新城的商业区、居住区都已经具备一定规模,而仙林新城的商业区、居住区规模还不足以承担起城市副中心的职能。

本研究仍存在着不足:第一,采用微信宜出行数据导致样本抽样上存在一定程度的偏离,即微信用户不代表全体城市居民,该样本已自然排除了不使用微信软件的群体。第二,微信宜出行数据的精度不如手机信令数据。如,在夜间由于微信用户长期不使用手机,位置定位需求大幅减少,导致了夜间数据反馈的缺失。本研究仍然采用该数据,是因为它的获取成本和技术难度均远低于手机信令数据。下一步的研究计划是,以地块为研究基础单元,将城市土地利用性质与空间活力度相结合,通过构建模型,探索不同用地性质的空间活力规律。在此基础上,为新城的公共服务设施布局 and 交通可达性提出规划建议和定量依据。

参考文献:

- [1]凯文·林奇.城市形态(第一版)[M].北京:华夏出版社,2003.
- [2]Jacobs J.The Death and Life of Great American Cities[M].Random House LLC,1961.5.
- [3]蒋涤非.城市形态活力论[M].南京:东南大学出版社,2007.
- [4]苟爱萍,王江波.基于SD法的街道空间活力评价研究[J].规划师,2011,27(10):102-106.
- [5]汪海,蒋涤非.城市公共空间活力评价体系研究[J].铁道科学与工程学报,2012,(1):56-60.
- [6]徐磊青,刘念,卢济威.公共空间密度、系数与微观品质对城市活力的影响——上海轨交站域的显微观察[J].新建筑,2015,(4):21-26.
- [7]姜蕾.城市街道活力的定量评估与塑造策略[D].大连:大连理工大学硕士学位论文,2013.
- [8]王德,王灿,谢栋灿,等.基于手机信令数据的上海市不同等级商业中心商圈的比较——以南京东路、五角场、鞍山路为例[J].城市规划学刊,2015,(3):50-60.
- [9]周素红,郝新华,柳林.多中心化下的城市商业中心空间吸引衰减率验证——深圳市浮动车GPS时空数据挖掘[J].地理学报,2014,69(12):1810-1820.
- [10]胡庆武,王明,李清泉.利用位置签到数据探索城市热点与商圈[J].测绘学报,2014,(3):314-321.
- [11]焦耀,刘望保,石恩名.基于多源POI数据下的广州市商业业态空间分布及其机理研究[J].城市观察,2015,(6):86-96.

-
- [12]王国钧, 主编, 南京统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [13]南京市规划与自然资源局. 南京市商业网点规划(2015—2030) [R/OL]. <http://ghj.nanjing.gov.cn/pqgs/ghbzpqgs/201607/t20160725-874736.html>.
- [14]王法辉. 基于 GIS 的数量方法与应用[M]. 北京: 商务印书馆, 2009.
- [15]陈蔚珊, 柳林, 梁育填. 基于 POI 数据的广州零售商业中心热点识别与业态集聚特征分析[J]. 地理研究, 2016, 35(4) : 703-716.
- [16]许泽宁, 高晓路. 基于电子地图兴趣点的城市建成区边界识别方法[J]. 地理学报, 2016, 71(6) : 928-939.
- [17]Getis A, Ord J K. The Analysis of Spatial Association by the Use of Distance Statistics[J]. Geographical Analysis, 1992, 24(3) : 189-206.
- [18]Ord J K, Getis A. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application[J]. Geographical Analysis, 1995, 27(4) : 286-306.