刘颂，赖思琪 . 多源数据支持下的城市滨水公共空间使用人群多样性影响因素 [J]. 风景园林，2021，28（9）：75-81.

多源数据支持下的城市滨水公共空间使用人群多样性影响因素

Factors Influencing Users Diversity of Urban Waterfront Public Spaces Based on Multi-source Data

刘颂 赖思琪
LIU Song, LAI Siqi

开放科学（资源服务）
标识码（OSID）

中图分类号：TU986
文献标识码：A
文章编号：1673-1530(2021)09-0075-07
DOI：10.14085/j.fjyl.2021.09.0075.07
收稿日期：2020-10-31
修回日期：2021-07-04

刘颂 / 女 / 博士 / 同济大学建筑与城市规划学院景观学系、生态智慧与实践研究中心，高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室教授、博士生导师 / 上海城市困难立地绿化工程技术研究中心副主任 / 研究方向为景观规划设计及其技术方法、城乡绿地系统规划

LIU Song, Ph.D., is a professor and doctoral supervisor in the Department of Landscape Architecture, College of Architecture and Urban Planning, Tongji University and in the Ecological Wisdom and Practice Research Center, and a researcher of the Key Laboratory of Ecology and Energy-saving Study of Dense Habitat, and deputy director of Shanghai Urban Difficult Site Greening Engineering Technology Research Center. Her research focuses on landscape planning technique, and urban and rural green space system planning.

赖思琪 / 女 / 同济大学建筑与城市规划学院硕士 / 伊利诺伊大学厄巴纳－香槟分校建筑学院在读博士研究生 / 研究方向为景观规划设计

LAI Siqi gained her master degree in the College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, and is a Ph.D. candidate in the College of Architecture, University of Illinois at Urbana-Champaign. Her research focuses on the landscape planning and design.

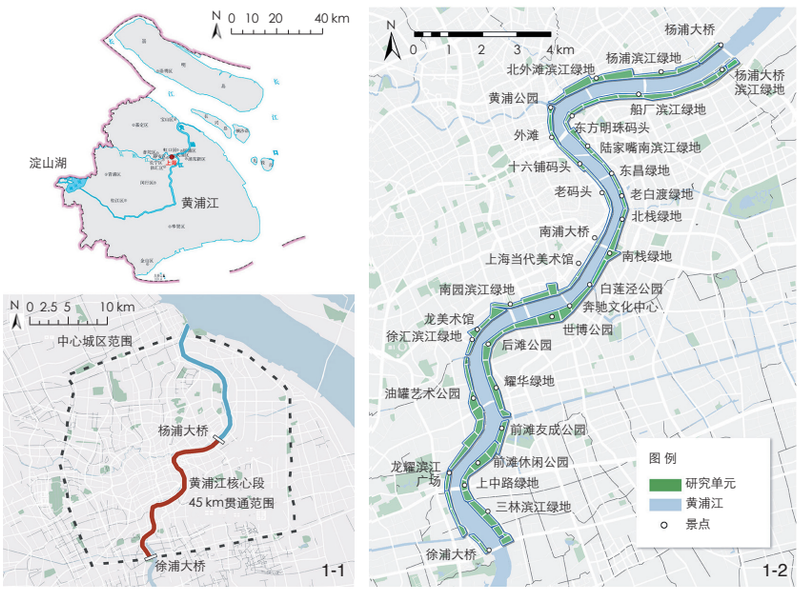
摘要：城市滨水公共空间是承载市民社会活动的重要开放空间，公共空间中多元的人群是激发城市活力的核心要素。采用手机信令数据获取人群的聚集密度和年龄多样性，以上海市黄浦滨江公共空间核心段为案例，分析基于多源数据的年龄多样性与滨水公共空间环境要素之间的相关性，识别显著影响使用人群多样性的滨水公共空间内部与外部特征，为城市公共空间的设计提供依据。研究表明：滨水区岸线开敞度、慢行体验、周边环境设施、居住人口密度以及交通可达性是影响黄浦滨江公共空间使用者人群多样性的主要因素。最后提出“优化滨水公共空间及其周边环境的互动关系”作为促进全龄友好、提升城市活力的有效策略。

关键词：风景园林；城市滨水公共空间；多源数据；公共空间活力；年龄多样性

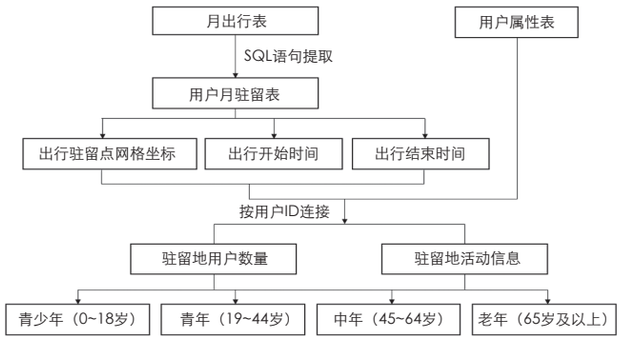
Abstract: Urban waterfront public space is an important open space for public social activities, and diverse crowds in the public space are a core element to stimulate the vitality of cities. This research applies mobile phone signaling data to obtain the gathering density and age diversity of people of various age groups. Taking the core section of Huangpu waterfront public space in Shanghai as the case, this research investigates the correlation between the age diversity and environmental elements of waterfront public space based on multi-source data, and identifies the internal and external characteristics of the waterfront space that significantly affect the age diversity, providing a basis for the design of the urban public space. The research shows that the waterfront shoreline exposure, walking experience, surrounding environmental facilities, residential population density and traffic accessibility are the main factors affecting the diversity of users of Huangpu waterfront public space, and puts forward that optimizing the interaction between waterfront public space and its surrounding environment can serve as an effective way to promote all-age friendliness and enhance the vitality of the city.

Keywords: landscape architecture; urban waterfront space; multi-source data; public space vitality; age diversity

城市滨水公共空间是承载市民社会活动的重要开放空间，如何重塑滨水公共空间活力一直受到研究者的广泛关注。公共空间中多元的人群是激发城市活力的核心要素 [1]，因此建设支持不同群体活动的滨水公共空间具有积极意义。随着信息技术的发展，社交媒体数据、移动定位数据等多源大数据已成为城市空间研究的重要来源数据。其中手机信令数据因其能覆盖多年龄段群体已被广泛用于研究不同年龄段人群的城市公共空间访问行为。例如，姜佳怡等利用手机信令数据研究了上海社区公园中老年游客的活动差异 [2]；史宜等以上海公园绿地为例，提出了基于三维活动空间的行为密度计算方法，提升了中小尺度下基于手机数据进行个体行为密度计算的精确性 [3]。结合手机信令数据与其他多源数据，可实现对城市居民时空行为特征的研究 [4]。然而，已有研究多关注滨水公共空间活力的聚集性与稳定性 [5]，在公共空间活力多样性方面关注相对较少。本研究以上海市黄浦滨江核心段公共空间为例，基于手机信令数据与



1



2

1 黄浦江核心段区位（1-1）和研究范围（1-2）
Huangpu River core section location (1-1) and study area (1-2)
2 数据处理技术路线
Data processing technical approach

城市空间数据，结合 SQL 与 Python 语言的编程算法，测度并比较不同年龄人群的空间分布差异，进一步分析年龄多样性的影响因素，最终提出全龄友好的滨水公共空间优化策略。

1 研究区概况

本研究选取上海黄浦江滨江核心段公共空间作为研究对象。根据《黄浦江两岸公共空间贯通开放概念方案》，黄浦江滨江核心段以“提供具有全球影响力的公共活动空间”为规划目标，北起杨浦大桥，南至徐浦大桥，长度约 23 km，将从岸线至两侧第一条市政道路围合的范围作为滨水公共空间，总面积约 568 hm^2。本研究以垂直于河岸线的市政道路作为分割，将研究区域划分为 85 个空间单元（图 1）。研究单元划分依据主要为场地现状边界，可通过卫星影像加以识别；对于没有明显边界的场地，主要基于上海市规划和国土资源管理局发布的《黄浦江两岸公共空间贯通开放概念方案示意总图》[6]，并根据实际建成情况进行相应调整，最终划定研究单元。

2 数据来源与处理

2.1 滨水公共空间使用人群信息数据

本研究采用智慧足迹公司 DaaS（dataset as a service）平台提供的上海市 2019 年 5 月的联通用户匿名手机数据，数据包含用户属性、驻留始末时间、出行信息、基站信息、采集日期等基本信息。该平台支持查询用户年龄、出行频次和出行时长等相关字段。研究范围内的基站空间精度为 50~200 m，能满足本研究的精度需求。2019 年 5 月 17—30 日作为研究时间区段，包含 4 个休息日和 10 个工作日，研究范围内日均记录了 1.7 万 ~2.4 万个不同的手机识别号，在此期间上海气温为 18~25 ℃，适宜外出活动。

对于手机信令数据的处理流程：首先，采用 ArcGIS 生成研究单元的 WKT 数据①，在 DaaS 平台中生成面文件用于筛选手机用户的驻留数据；其次，基于 SQL 语言编写代码提取黄浦滨江公共空间范围内的用户驻留与属性表，根据用户 ID 连接驻留表和属性表，然后按照驻留点和研究单元汇总数据；最后，采用分天分小时模式导出数据（图 2）。

通过对研究范围内手机信令数据的清洗与筛选，得到不同年龄手机用户的比例：青少年（0~18 岁）、中青年（19~64 岁）和老年（65 岁及以上）用户占总用户数量的比例分别约为 2%、95% 和 3%。根据《上海市第六次人口普查》，研究范围服务区中的居民总数为 758 429 人，青少年居民（0~14 岁）为 54 922 人（占总人数约 7%），中青年（15~64 岁）为 599 534 人（占总人数约 79%），老年居民（65 岁以上）为 103 974 人（占总人数约 14%）②。由此可见，手机数据可基本反映青年和中年群体的分布特征，但由于受到手机持有率等其他因素的影响，对青少年和老年群体分布特征的反映可能存在一定局限性。

2.2 滨水公共空间环境因素数据

滨水公共空间环境信息采用多源数据表达。数据包括建筑矢量数据、百度地图 POI 数据、高德地图路网数据、人口普查数据、天地图历史文化资料与实地调研数据。建筑矢量数据来源于百度地图，包括建筑轮廓、底面积和层数，并通过 2019 年 4 月 19 日卫星影像图进行了核查与校对以确保数据的准确性。百度地图 POI 数据的获取时间为 2019 年 4 月 5 日，包含餐饮服务、购物服务、体育休闲服务、住宿服务、交通设施服务、科教文化服务、风景名胜 7 种类型。获得研究范围内 POI 数据总量为 27 032 个。高德地图路网数据采集于 2019 年 5 月 18 日，覆盖上海市市域，用于限定研究单元服务区。人口普查数据的精度为街道尺度，用于计算周边常住人口密度，天地图历史文化资料包括工业遗存、特色建筑和文化长廊的空间位置与概况。

3 研究方法

3.1 研究思路

为解释滨水公共空间对使用者年龄多样性的支持机理，本研究将使用者按年龄分为

4 段：青少年（18 岁及以下）、青年（19~44 岁）、中年（45~64 岁）、老年（65 岁及以上），在分析滨水公共空间对各种年龄段人群的影响的基础上探讨滨水公共空间特征与年龄多样性之间的关系：1）测度各年龄段人群在滨水公共空间的人群密度分异，将滨水公共空间环境特征（包括内部特征与周边环境特征）与使用者年龄特征（包括各年龄段人群密度与年龄多样性）进行相关性分析；2）将使用者年龄特征作为因变量，选取相关性分析中显著性较强的滨水公共空间环境特征因子作为自变量，构建逐步回归模型以了解滨水环境对使用者年龄多样性的影响。

3.2 变量测度方法

3.2.1 因变量：滨水公共空间中各年龄段人群密度及年龄多样性

1）各年龄段人群密度：某时段人群总数与研究单元面积的比值。本研究以天为单位计算日平均人群密度 $\overline{D}_k$（公式 1~2）。

$$\overline{D}_{j,k}=\frac{\sum_{i=1}^{m}P_{i,j,k}}{A\times m}, \quad (1)$$

$$\overline{D}_{k}=\frac{1}{n}\times\sum_{i=1}^{n}\overline{D}_{j,k}, \quad (2)$$

其中，$\overline{D}_{j,k}$ 为第 j 天第 k 类年龄段人群的平均人群密度；$P_{i,j,k}$ 为第 j 天第 k 类年龄段人群在第 i 小时的人群数量；A 为研究单元的面积；m 为一天内计算的总小时数；n 为天数。本研究中，m=24、n=14、k=4（代表青少年、青年、中年和老年 4 个年龄段）。

2）年龄多样性：指研究单元内不同年龄段人群的混合程度，根据“香农熵”指数建立年龄混合指数 *Agemix*（公式 3），该数值越大表示各种年龄段人群分配越均衡，年龄多样性越高。

$$Agemix=\frac{\sum_{i=1}^{k}R_l\,[\ln(R_l)]}{\ln(k)}, \quad (3)$$

其中，*Agemix* 的取值范围为 0~1；R_l 表示第 l 种年龄段人数占总人数的比例；k 为滨水公共空间中的年龄段类型数量（本研究中 k=4）。

3.2.2 自变量：滨水公共空间环境特征

滨水公共空间特征分为内部特征和周边环境特征，综合数据的可获得性与相关研究结论，将其进行变量计算（表 1）。

表 1 滨水公共空间环境特征及其变量计算方法

Tab. 1 Environmental characteristics of the waterfront public space and variable calculation method

分类	指标	计算方法
内部环境特征	绿化覆盖率	研究单元中基于遥感影像的植被覆盖区域总面积与研究单元面积的比值
	岸线开敞度	研究单元各段滨水界面中的视野开阔度数值乘以其权重，再取其总和。其中：防汛墙高度超过 1.5 m，全线几乎不见水，亲水性较弱，取值为 1；防汛墙高度处于 1.1~1.5 m，仅少部分路段视线被遮挡，观水视线较为开阔，亲水性一般，取值为 2；防汛墙高度低于 1.1 m，观水视线开阔，亲水性较强，取值为 3
	岸线曲折度	研究单元中非平直岸线长度在岸线长度中所占的比例
	驳岸类型	研究单元内各段驳岸类型数值乘以其权重，再取其总和。其中：人工防洪驳岸（直立式混凝土驳岸）取值为 1；近自然式驳岸（如高桩码头式驳岸）取值为 2；自然驳岸取值为 3
	水生植物多样性	研究单元各段水生植物多样性数值乘以其权重，再取其总和。其中：无水生植物取值为 1；仅有单一种类水生植物取值为 2；有多种水生植物取值为 3
	水体清洁度	研究单元各段水体清洁度数值乘以其权重，再取其总和。其中：水质较差且水面漂浮杂物取值为 1；水质一般且水面无杂物取值为 2；水质良好且水面清澈取值为 3
	餐饮服务设施密度	研究单元内餐厅、咖啡厅等餐饮建筑的面积与研究单元面积的比值
	公共服务设施密度	研究单元内驿站、公共厕所等公共服务设施的数量与研究单元面积的比值
	历史与特色建筑密度	研究单元内历史与特色建筑数量与研究单元面积的比值
	文化设施密度	研究单元内艺术馆、科技馆、纪念馆等展馆数量与研究单元面积的比值
	慢行道密度	研究单元内步行道、跑步道、骑行道的总长度与研究单元面积的比值
周边环境特征	慢行道可达性	反映人群抵达滨水公共空间内部慢行道的难易程度，计算方法为每个研究单元与腹地相接第一条道路上的入口数量与相接部分道路长度的比值
	公交车站覆盖率	公交车站台缓冲区与研究单元相交面积除以研究单元面积的计算结果
	地铁站覆盖率	地铁站台缓冲区与研究单元相交面积除以研究单元面积的计算结果
	车行道路网密度	研究单元内的车行道路网总长度与服务区面积的比值
	周边商业设施密度	研究单元内商业 POI 数量与服务区面积的比值
	周边景点密度	研究单元内景点 POI 数量与服务区面积的比值
	周边住宅区密度	研究单元内住宅区总面积与服务区面积的比值
	周边常住人口密度	研究单元所在街道的常住人口数量与街道面积的比值

注：“滨水公共空间单元服务区”是指以每个滨水公共空间单元为中心，以 1 km 为服务半径，通过 ArcGIS 网络分析得到的服务区范围。

选取岸线开敞度、岸线曲折度、驳岸类型、绿化覆盖率、水生植物多样性和水体清洁度反映岸线特征，采用餐饮服务设施密度、公共服务设施密度、历史与特色建筑密度、文化设施密度和慢行道密度表征滨水公共空间服务功能。同时由滨水区向外侧拓展 1 km（步行约 15 min）区域作为与滨水区相互影响较大的周边环境，根据建成环境 5D 模型理论[3]提取了可达性、功能设施和常住人口 3 类指标。可达性包括慢行道可达性、公交车站覆盖率、地铁站覆盖率、车行道路网密度；功能设施则采用周边商业设施密度和周边景点密度进行表征；周边住宅区密度与周边常住人口密度反映了常住人口情况。滨水公共空间的环境特征如图 3 所示。

3.2.3 指标归一化处理

为便于后续的分析计算，本研究采用离差标准化方法对滨水公共空间环境特征、滨水公共空间中各年龄段人群密度以及年龄多样性评价指标进行归一化处理。计算公式如下：

$$U_{ij}=\frac{x_{ij}-\min\{x_j\}}{\max\{xj\}-\min\{x_j\}}, \quad (4)$$

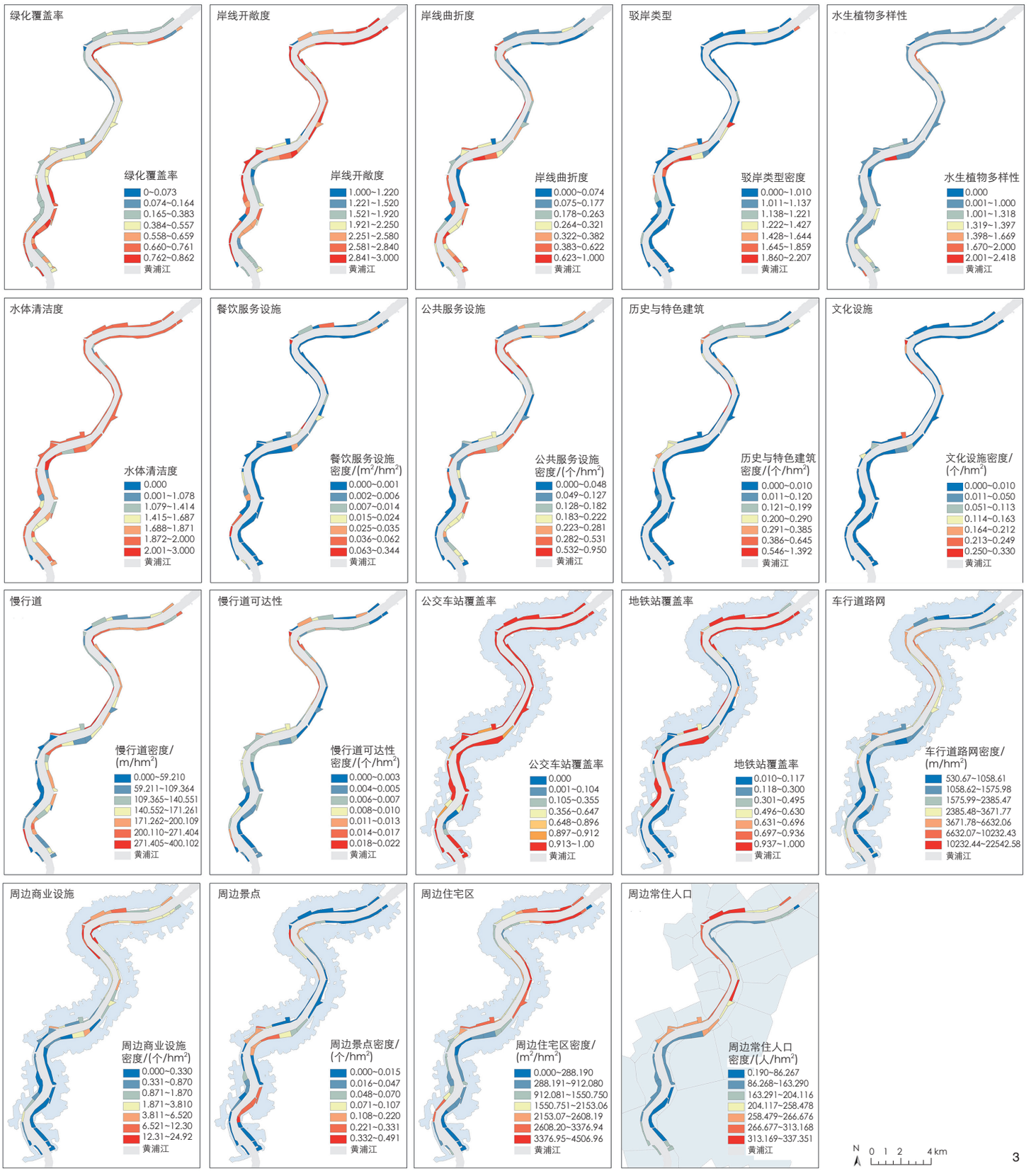
式中：i 表示研究单元，且 i=1, 2, 3…n；j 表示评价指标，且 j=1, 2, 3…n；x_{ij} 和 U_{ij} 分别为第 i 个研究单元第 j 个指标的原始值和归一化之后的数值，$\min\{x_j\}$ 和 $\max\{x_j\}$ 分别是第 j 个指标原始值中的最小值和最大值。

4 分析结果

4.1 滨水公共空间人群年龄多样性特征

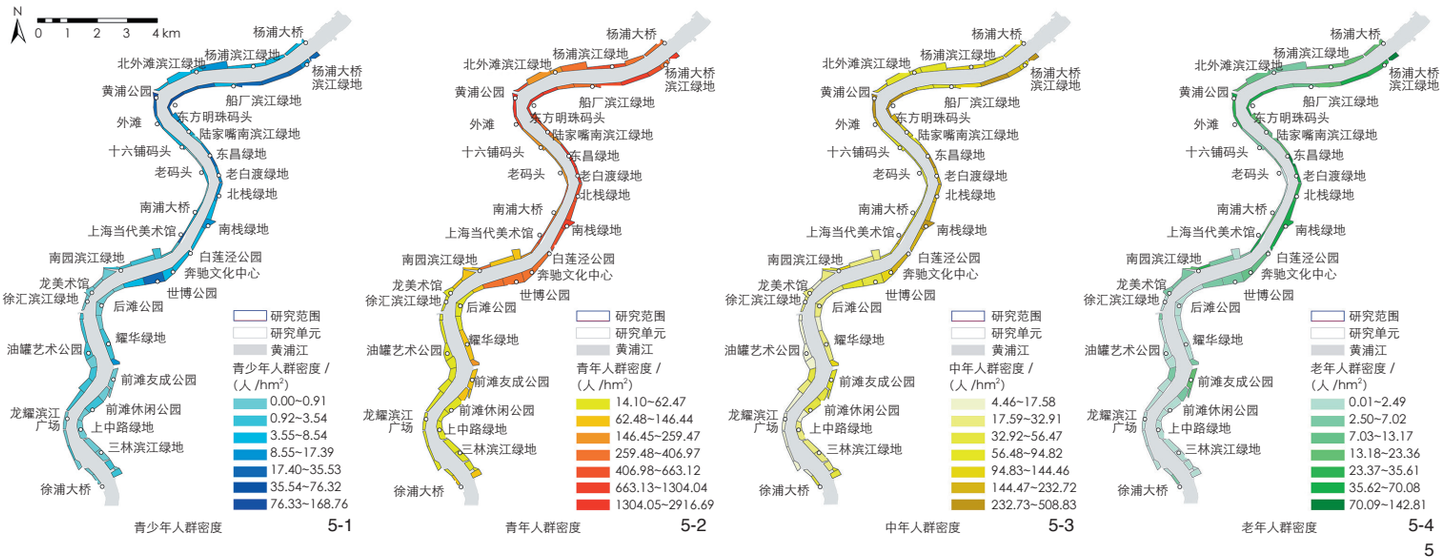
4.1.1 各类年龄段人群密度时空分布特征

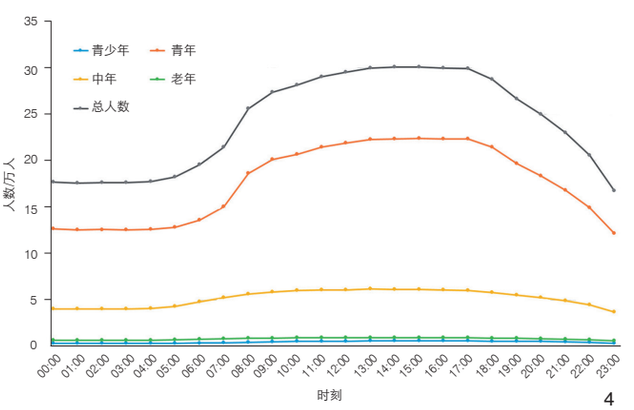
研究范围内的人群活跃时段集中在 9：00-18：00，青年始终是黄浦江滨水公共空间最主要的使用人群，中年人群次之，老年和青少

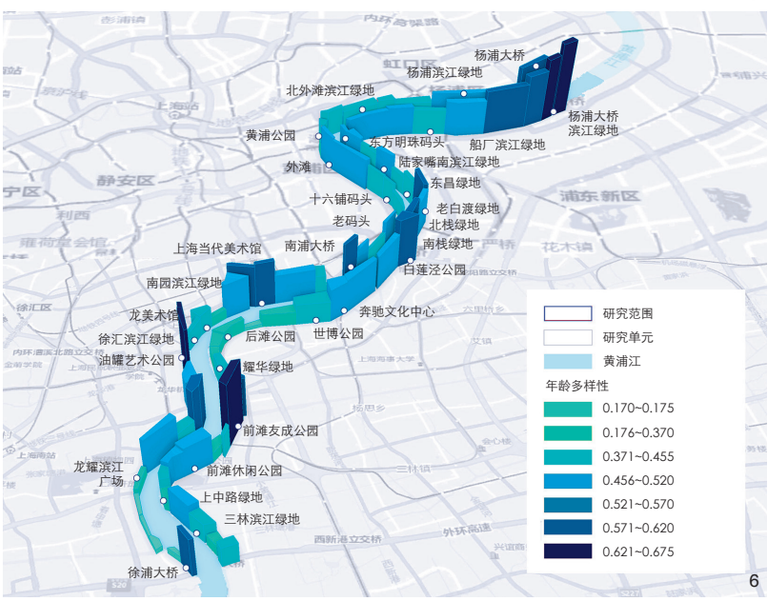


3 滨水公共空间的环境特征空间分布图

Spatial distribution of environmental characteristics of waterfront public space







4 4 种类型年龄段人数时段波动折线图
Temporal distribution of the number of four types of age groups
5 4 种年龄段人群密度空间分布
Spatial distribution of the density of the four types of age groups
6 年龄多样性空间分布
Spatial distribution of age diversity

年的人数则相对较少（图 4）。这与年龄分布规律一致。根据赵晓龙等的研究，青少年群体倾向于选择设施丰富、参与性强的公共空间[7]，而研究区内以日常游憩功能为主，参与性活动较少，因而对该群体吸引力较低。老年群体人数偏低的结果与已有研究一致，即老年人偏好邻近住区的城市公园或开放空间进行日常交往活动[5]。

在空间分布上（图 5），4 个年龄段人群密度都比较高的区域主要位于黄浦江核心段北部和东岸，该地区景点较集中（如外滩与东方明珠码头）。在外滩附近，青年人群密度是其他年龄段人群密度的 10~100 倍，具有绝对的主导地位。而在其他地区各年龄段人群密度却有分异；青少年群体与青年群体集中于文化活力型滨水公共空间，如杨浦滨江绿地、上海当代美术馆和世博公园等；青年和中年群体对黄浦江东岸老旧工业区改造的历史风貌型滨水公共空间情有独钟，如东昌绿地、老白渡绿地与南栈绿地等；中年群体与老年群体均偏好可达性较好、靠近居住地的滨水公共空间，而对路途耗时较长的大型滨水公园绿地（如后滩公园与前滩休闲公园等）的使用率较低。

4.1.2 滨水公共空间年龄多样性的分布特征

年龄多样性高的研究单元主要分布在周边住宅区密度较高的东岸北部地区，如杨浦大桥绿地、前滩友成公园、南栈绿地和老白渡绿地等（图 6）。反之，年龄多样性低的研究单元主要分布在西岸北部与东岸南部，如北外滩滨江绿地、后滩公园和上中路绿地等。其中，位于黄浦江南部的油罐艺术公园、上海当代美术馆与前滩友成公园等虽然各年龄段人群密度不如北段，但显示具有年龄多样性高的特征，说明对文化资源的挖掘和展示对各年龄段都具有一定的吸引力。

表 2 各变量相关性分析结果

Tab. 2 Results of correlation analysis of variables

变量		青少年人群密度	青年人群密度	中年人群密度	老年人群密度	年龄多样性
内部环境特征	绿化覆盖率	−0.037	−0.079	−0.108	−0.004	−0.028
	岸线开敞度	0.367**	0.276*	0.282*	0.303**	0.318**
	岸线曲折度	−0.111	−0.218	−0.207	−0.222*	−0.090
	驳岸类型	−0.034	0.036	−0.137	−0.109	0.004
	水生植物多样性	0.127	−0.034	−0.051	0.081	0.026
	水体清洁度	0.078	0.195	0.183	0.037	0.107
	餐饮服务设施密度	−0.012	0.106	0.043	0.125	−0.049
	公共服务设施密度	0.211	0.139	0.194	0.182	0.029
	历史与特色建筑密度	0.075	−0.025	−0.029	−0.065	−0.005
	文化设施密度	0.038	0.001	0.031	−0.063	−0.004
	慢行道密度	0.123	0.283*	0.243*	0.341**	0.077
周边环境特征	慢行道可达性	0.105	0.012	−0.093	−0.016	−0.151
	公交车站台覆盖率	0.194	0.249*	0.221	0.207	0.062
	地铁站台覆盖率	0.441**	0.255*	0.156	0.262*	0.194
	车行道路网密度	0.032	0.238*	0.149	0.138	−0.076
	周边商业设施密度	0.612**	0.460**	0.452**	0.478**	0.025
	周边景点密度	0.290*	0.239*	0.279*	0.267*	−0.037
	周边住宅区密度	0.452**	0.590**	0.537**	0.442**	0.425**
	周边常住人口密度	0.192	0.428**	0.414**	0.311**	0.106
人群年龄特征	青少年人群密度	1	0.249*	0.397**	0.383**	0.959**
	青年人群密度	0.249*	1	0.932**	0.805**	0.360**
	中年人群密度	0.397**	0.932**	1	0.825**	0.432**
	老年人群密度	0.383**	0.805**	0.825**	1	0.438**
	年龄多样性	0.959**	0.360**	0.432**	0.438**	1

注：* 表示在 0.05 级别（双尾），相关性显著，** 表示在 0.01 级别（双尾），相关性显著。

表 3 逐步回归模型结果

Tab. 3 Results of the progressive regression model

模型		非标准化系数		标准系数	t	$Sig.$	VIF	调整 R^2	F	F 检验的 $Sig.$
因变量	自变量	B	标准误差							
青少年人群密度	（常量）	−0.477	1.138		−0.420	0.676		0.372	16.628	0.000
	周边商业设施密度	0.640	0.176	0.353	3.643	0.000	1.178			
	周边住宅区密度	0.002	0.001	0.324	3.480	0.001	1.088			
	地铁站覆盖率	2.898	1.444	0.192	2.007	0.048	1.157			
青年人群密度	（常量）	−51.873	49.250		−1.053	0.296		0.433	20.872	0.000
	周边住宅区密度	0.098	0.018	0.489	5.341	0.000	1.151			
	周边商业设施密度	17.243	6.588	0.237	2.617	0.011	1.132			
	慢行道密度	0.606	0.239	0.218	2.537	0.013	1.019			
中年人群密度	（常量）	22.819	9.746		2.341	0.022		0.349	21.112	0.000
	周边住宅区密度	0.022	0.005	0.431	4.323	0.000	1.145			
	周边商业设施密度	5.295	1.769	0.298	2.994	0.004	1.145			
老年人群密度	（常量）	−12.459	5.300		−2.351	0.021		0.321	14.237	0.000
	周边住宅区密度	0.010	0.002	0.485	5.375	0.000	1.007			
	慢行道密度	0.064	0.024	0.244	2.699	0.008	1.007			
	周边景点密度	26.551	12.832	0.186	2.069	0.042	1.000			
年龄多样性	（常量）	0.472	0.013		37.621	0.000		0.171	17.682	0.000
	周边住宅区密度	0.000	0.000	0.425	4.205	0.000	1.000			

4.2 相关性分析结果

对滨水公共空间环境特征与使用人群年龄特征结果进行皮尔森相关分析，为保证模型准确度，采用箱线图法剔除样本异常值[8]。由表 2 可知，使用者年龄特征与滨水公共空间内部的岸线开敞度和慢行道密度具有正相关性，但与其他滨水公共空间内部特征相关性较弱；周边商业设施密度、周边住宅区密度及周边景点密度与所有使用者年龄特征都存在正相关性，即岸线开敞度越高、周边住宅区密度越大，周边休闲服务设施水平越高，人群密度越高。青少年与年龄多样性之间的正相关性最强，其次是中、老年人群，说明青少年群体密度越高，该区域的年龄多样性往往越高。

4.3 不同年龄人群密度的主导影响因素识别

以使用者年龄群体密度为因变量，以相关性分析中具有显著性的滨水公共空间环境特征作为自变量进行逐步回归，得到每项年龄特征的回归模型（表 3）。模型的方差膨胀系数（variance inflation factor, VIF）均 <10，未发现显著的共线性问题。经 F 检验（F-test）判断 5 个模型均显著，是有效的模型。其中，青少年人群密度模型包括周边商业设施密度、周边住宅区密度和地铁站覆盖率 3 个解释性变量；青年人群密度模型包括周边住宅区密度、周边商业设施密度和慢行道密度 3 个解释性变量；中年人群密度模型包括周边住宅区密度和周边商业设施密度 2 个解释性变量；老年人群密度模型包括周边住宅区密度、慢行道密度和周边景点密度 3 个解释性变量；年龄多样性模型包括周边住宅区密度 1 个解释性变量。

5 讨论与结论

5.1 岸线开敞度、可达性与周边住宅区密度是支持年龄多样性的核心特征

研究结果显示，只有当滨水公共空间内部具有视野开阔的岸线与连通性良好的慢行道网络，且周边具有密集的公共交通站点与路网时，多样的人群活动才开始聚集。同时，商业设施完备、旅游资源丰富或住宅区密度较高的周边环境特征也是促进年龄多样性的

关键因素。值得注意的是：该研究结果并不否认其他滨水公共空间内部特征对空间包容性的影响，仅说明周边商业和住宅等设施相对于其他滨水公共空间内部特征而言具有更强的影响力。

岸线开敞度与人群年龄特征变量均存在一定的正相关，证明了“人类天生的亲水特性[9]”。相对于高墙、密缝栏杆等不可进入的岸线，铁链式栏杆等可进入式边界的水岸更容易吸引人群驻留，例如老白渡绿地与南栈绿地；相反，北外滩滨江绿地岸线亲水性不友好，年龄多样性相对较低。

交通可达性包括内部慢行道连贯性与外部交通便捷性两方面。本案例中，慢行道密度、地铁站覆盖率与多种年龄段人群密度间均存在正相关性，说明黄浦滨江核心段的到访人群以公共交通工具为主要出行方式，或以户外锻炼为出行目的的人数较多。良好的可达性可以保障各类人群便捷地抵达滨水公共空间，从而促进年龄多样性。目前，黄浦江滨水公共空间的问题主要为通过外部公共交通系统抵达滨水区的路线种类较少、公交站点覆盖率不足、时间成本和换乘成本较高[9]。

本案例中，滨水区沿岸为居住型用地时，滨水公共空间使用者的年龄多样性高于周边为非居住区的情况，这可能是因为老年群体多选择在毗邻住宅区的滨水公共空间中进行户外活动，因此提升了居住型滨水公共空间使用人群的多元性。此外，由于老年群体多关注游憩空间的景色吸引度与场地历史沉淀[10]，且滨水公共空间易与周边旅游资源形成规模效应，因此周边景点密度高的滨水公共空间对老年群体具有较强的吸引力，同时也促进了年龄多样性。完善的商业设施显示出地段的较高的经济活力，能够有效地吸引各年龄层次人群的聚集。

5.2 滨水公共空间环境对 4 个年龄段人群密度的影响存在差异性

对于滨水公共空间内部环境特征，4 种人群虽然都偏好岸线开敞度较高的滨水公共空间，但青年与老年群体更看重滨水公共空间沿线慢行道的密度，即是否能够提供更为连续的活动空间。老年群体更关注滨水公共空间周边景点的丰富程度，这可能与老年人对周围景观认知度较高有关[11]。由于出行距离的差异，4 类人群对交通设施的依赖程度不同：中老年人的休闲范围以社区及其步行可达的周边地区为主，总体服从距离衰减规律[11-12]，故多选择临近居住地的滨水公共空间进行户外活动；青少年与青年群体的活动出行范围更大，滨水公共空间与周边街区均可作为活动场地，因此对公共交通便捷度（如地铁站台覆盖率与公交车站台覆盖率）以及车行道路网密度的依赖程度较高。

5.3 全龄友好的滨水公共空间优化策略

利用周边环境特征对滨水公共空间多元人群具有较强的支持作用的特点，将滨水公共空间及其周边区域进行整体性规划设计。对于新建或更新地段，应考虑其辐射范围内的经济活力、居住人口密度与景观资源分布等，配置便捷的公共交通系统，激发滨水公共空间活力多样性。对于已建成但使用人群多样性较低的滨水公共空间，应重视地区在沿岸景观品质、交通可达性和商业设施配置等方面的不足，有针对性地进行优化更新。例如，本研究中的后滩公园使用者年龄多样性较其他地区偏低，以中、青年人群为主要使用群体。主要原因在于其周边地铁站覆盖率较低，搭乘公共交通的时间与换乘成本过高；同时其外围高等级城市主干道也成为步行人群抵达水岸的心理和行为上的主要障碍。因此，应注重设置多元化的公共交通路径，以提升水岸空间的可达性与利用率。

5.4 局限与不足

本研究仍然存在 4 点不足之处：1）由于手机使用者的年龄覆盖面存在一定局限性，研究数据可能存在青少年与老年群体代表性不足的问题，仅使用联通手机数据也可能导致抽样调查的系统性偏差；2）本研究所得结论可能受到黄浦滨江自身特征的影响，因而存在一定的局限性；3）本研究是建立在宏观尺度上对整段黄浦滨江的使用者年龄多样性的分析，而精细到场地尺度的影响要素的研究，则需在后续研究中对研究方法做进一步的改进；4）本研究虽然对不同年龄人群到访滨水公共空间的整体情况进行了量化分析，但尚不足以剖析产生差异的原因，其他的潜在因素如个人收入、家庭背景等都可能影响人们到访滨水公共空间的意愿。以上问题将在后续研究中做进一步探讨。

注释 (Notes)：

① 一种用于表示地图上的矢量几何对象的文本标记语言（Well-known text representation of geometry, WKT）。

② 这里年龄划分不同是因为数据源不同：上文是手机信令数据，数据库的默认划分是青少年（0~18 岁）；此处是人口普查数据，默认的划分为青少年（0~14 岁）。

参考文献 (References)：

[1] JACOBS J. The Death and Life of Great American Cities[M]. New York: Random House, 1961.

[2] 姜佳怡，陈明，章俊华 . 上海市社区公园老年游客活动差异及影响因素探究 [J]. 景观设计学，2020，8（5）：94-109.

[3] 史宜，杨俊宴 . 基于手机信令数据的城市人群时空行为密度算法研究 [J]. 中国园林，2019，35（5）：102-106.

[4] BARHAM H, DAIM T. The Use of Readiness Assessment for Big Data Projects[J]. Sustainable Cities and Society, 2020(60): 102233. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102233.

[5] 刘颂，赖思琪 . 大数据支持下的城市公共空间活力测度研究 [J]. 风景园林，2019，26（5）：24-28.

[6] 黄浦江两岸公共空间贯通开放概念方案发布 [EB/OL]. (2016-09-30)[2021-08-06]. http://sh.sina.com.cn/news/m/2016-09-30/detail-ifxwkzyh4007213.shtml.

[7] 赵晓龙，徐靖然，刘笑冰，等 . 基于无人机（UAV）观测的寒地城市公园冬季体力活动及空间分布研究：以哈尔滨四个公园为例 [J]. 中国园林，2019，35（12）：40-45.

[8] ANDERSON D R, SWEENEY D J, WILLIAMS T A, et al. Statistics for Business and Economics[M]. Chula Vista: South-Western College Publishing, 2016.

[9] 都市研究会 . 水网城市 [M]. 京都：学芸出版社，1987.

[10] 赵秀敏，郭薇薇，石坚韧 . 基于老年人日常活动类型的社区户外环境元素适老化配置模式 [J]. 建筑学报，2017（2）：48-52.

[11] 柴彦威，李昌霞，沈洁 . 中国城市老年人的活动空间 [M]. 北京：科学出版社，2010.

[12] MAURO P. Corruption and Growth[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(3): 681-712.

图表来源 (Sources of Figures and Tables)：

文中所有图表均由作者绘制，其中图 1 底图来源于上海市地理信息公共服务平台，审图号：JS(2016)01-115。

（编辑 / 王亚莺）