

大数据支持下的城市设计实践

——衡山路复兴路历史文化风貌区公共活动空间网络规划

田宝江 钮心毅

提 要 基于2016年上海城市设计挑战赛衡复项目专业组一等奖获奖方案,从设计理念、技术路线、规划策略等方面说明大数据支持城市设计的途径。首先,分析衡复地区现状特征,提出庭院街区的概念。使用大数据分析居民活动的时空特征,为五个庭院街区划分提供了直接依据。然后,依据共享的规划理念,在大数据和传统定量分析方法结合下进行了慢行系统规划,包括日常步行线路规划、特色旅游步行线路规划及自行车骑行线路规划。最后,将慢行系统与地区内公共资源进行叠加,将公共空间与人的活动紧密结合,完成公共活动空间网络规划。方案探索了以规划设计理念先行、大数据分析验证;大数据与传统定量分析方法支持方案生成和复核的两种大数据支持城市设计实践的技术途径。

关键词 城市设计; 大数据; 慢行系统; 公共活动空间网络

中图分类号 TU984
文献标识码 A
DOI 10.16361/j.upf.201702009
文章编号 1000-3363(2017)02-0078-09

作者简介

田宝江, 博士, 同济大学建筑与城市规划学院, 高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室, 副教授, shtbj@qq.com

钮心毅, 博士, 同济大学建筑与城市规划学院, 高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室, 副教授, (通讯作者), niuxinyi@tongji.edu.cn

Big Data Supported Urban Design: Public Activity Network Plan in Fuxing-Hengshan Road Historical and Cultural Area

TIAN Baojiang, NIU Xinyi

Abstract: This paper introduces the top-prize plan of Fuxing-Hengshan Area for the professional group category of Shanghai Urban Design Challenge Competition 2016. It introduced the approach of employing big data to support the development of design concept, technical route and planning strategies. Firstly, we analyze the characteristics of the present situation of Fuxing-Hengshan Area and put forward the design concept of courtyard block. Then we use big data to analyze the spatial and temporal characteristics of residents' activities, and this provides the basis for the division of five courtyard blocks. Secondly, based on the 'sharing' concept, we integrate big data and traditional quantitative analytical method to support the slow traffic system planning that includes daily pedestrian route planning, tourist pedestrian route planning and bicycle route planning. Finally, we combine the slow traffic system and the public resources in this area while the spatial network plan for public activities is accomplished by linking human activities and public spaces closely. In this project, we explore two technical approaches of big data supported urban design. The first one is to give priority to design concept and using big data to verify the concept and the second one is to integrate big data and traditional quantitative analytical methods to support plan development and review.

Keywords: urban design; big data; slow traffic system; public activity spatial network

互联网+、大数据的迅速发展开始渗透到经济社会的诸多领域,也为城市规划设计提供了新的模式和更多可能。为积极探索利用公开数据和大数据提升政府治理水平,上海市于2016年举办了首届“上海城市设计挑战赛”,以“开放、共享、创新”为宗旨,促进跨界合作、万众创新,提升城市研究、规划与管理水平。笔者的设计团队参加了本次挑战赛衡复地区项目,针对大赛主办方提出的“以慢行系统和公共空间系统构建为重点,建设活力、魅力、宜居城区”的要求,提出了“公共活动空间网络”的概念,即用慢行系统将公共开放空间、特色建筑和公共服务设施串联起来,实现人车共享和资源共,从而复兴公共空间,激发街道生活,提升地区活力与魅力,从而在全局高度上,整体回应了设计题目的要求,以此为核心,

以大数据为支持,结合使用多种定量分析手段,展开各专项规划。该设计方案获得了衡复项目专业组一等奖。

上海市衡山路-复兴路历史文化风貌区,简称“衡复风貌区”,是上海市立法保护的历史文化风貌区之一,也是中心城区内12个历史文化风貌区规模最大的,保护历史建筑数量最多的一个。本次规划设计的基地范围为徐汇区范围内的衡复风貌区,是整个风貌区的主体部分。基地西至华山路,东至陕西南路,北至长乐路,南至肇嘉浜路,占地面积4.3km²(图1)。本文将围绕本获奖方案的设计理念,对大数据支持下城市设计的技术途径进行介绍。

1 总体技术框架

近年来,手机信令数据、互联网LBS数据、公交卡数据等移动定位大数据在城市规划研究、规划实践中应用逐步出现(吴志强,等,2016;龙瀛,等,2012;王德,等,2015;钮心毅,等,2014),集中在城市总体规划、城镇体系(李星月,陈濛,2016;席广亮,甄峰,2017;钮心毅,等,2017)等层面,主要涉及城市空间结构、城市交通等领域。由于移动定位大数据能反映居民在城市中活动的时空行为,能量化测度出居民对城市空间的使用方式,也能

在城市设计中发挥作用。

以手机信令数据为例,手机信令数据覆盖了每一个手机用户,具有样本量大的特点,大致与即时人口分布对应,能用于定量描述城市活动的时空变化(Rattiet, et al, 2006; Manfredini et al, 2014)。手机信令数据连续记录,大致反映手机持有者时空轨迹,为描述就业、游憩、居住等居民活动之间功能联系提供了可能。居民活动的强度、居民活动的功能联系恰恰是城市设计所需要,传统方法却难以获取基础信息。为此,从手机信令数据描述活动强度、功能联系两方面入手,支持对衡复地区慢行系统和公共空间系统的分析,这是大数据支持城市设计的适宜切入点。在技术途径上,本方案将大数据对城市规划支持扩展到规划设计方案全过程,包括两大阶段的技术支持。

第一是现状分析和形成规划理念阶段的支持。在此阶段,采用了以规划理念先行,大数据分析验证的技术途径。由于手机信令数据仅能反映居民空间行为的位置信息,缺少更多的社会经济属性信息。为此,以传统城市设计分析方法进行定性判断,形成规划设计理念,手机信令数据从空间行为时空特征出发,对规划理念进行验证。

第二是规划设计方案形成过程的支持。在此阶段,采用了大数据分析与传统

定量分析相结合支持方案生成并对方案进行复核的技术途径。使用手机信令数据测算居民活动时空规律,用于验证传统定量分析的结果,继续以传统定量分析方法预测规划方案带来的影响,由此对规划方案实施效果进行复核和验证。

采用上述两种技术途径,应对本次衡复地区城市设计以慢行系统设计为核心的要求,形成了形成大数据和传统定量方法结合,以现状分析、验证规划理念、支持方案生成、验证规划方案的全过程支持城市设计的思路。

2 规划理念——“庭院街区”

2.1 “庭院街区”的概念

党的十八届五中全会提出“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展方针,在本次衡复地区城市设计中,把“共享”作为基本规划理念。基于共享理念,营造人车共存、适宜步行、功能特色鲜明的庭院街区;用慢行系统将公共开放空间、特色建筑、公共服务设施串联,并与公共交通(特别是地铁)保持便捷联系,构成富有活力与效率的公共活动空间网络,复兴公共空间,激发街道生活,提升地区活力与魅力。

谈到提高城市步行适宜性,慢行优先等概念时,人们往往有一种误解,即



图1 基地范围示意图
Fig.1 Illustration of site map
资料来源:作者自绘。



图2 庭院街区划分
Fig.2 Division of the courtyard blocks
资料来源:作者自绘。

为了提高可步行性，必须要排斥机动车，把步行和机动交通对立起来。实际上，步行优先离不开机动交通的支持，如果缺乏足够的机动交通可达性，城市步行空间不可能获得持续而长久的发展，步行化建设应与机动交通形成和谐共存、良性互动的关系。从人车关系的规划理念发展来看，过去更多的是强调人车分离，将步行系统与机动交通完全分离开来。随着城市的发展，人们也逐渐认识到步行与机动交通二者并不是完全对立的关系（杰夫·斯佩克，2016；孙靓，2012）。步行化不是终极目的，而是改善城市生活环境的一种手段；机动交通的目的也不是机动车辆的通行，而是人与物的流动，归根到底是为人服务的，二者在此达到统一。

1963年尼克·德·波尔（Niek De-Boer）提出了庭院道路（woonerf）的规划概念，是指通过对道路进行景观化改造，以降低车速、提高步行适宜性，实现人车共存的规划理念。在庭院道路概念的基础上，我们把空间共享的理念发展到整个街区，提出了“庭院街区”概念，提高街区内部可步行性，提升城市活力的目的。

庭院街区都毗邻一个或多个地铁站

点，街区四周城市道路上有多条公交线路覆盖，保证了公共交通对街区内部步行化的有力支持“庭院街区”确定标准如下：

- (1) 庭院街区由城市道路围合而成，是一个相对完整的空间组团；
 - (2) 庭院街区尺度宜人，适合步行，每个街区的面积不大于1km²，街区半径约600m；
 - (3) 庭院街区需毗邻一个或多个地铁站点，其周边道路上有一条或多条公交线路，实现公共交通对街区内步行的有力支撑；
 - (4) 庭院街区有比较明显的主导功能或旅游特色资源，对行人具有较强吸引力；
 - (5) 庭院街区内部至少有一条道路上没有公交车线路，可以进行庭院道路改造；
 - (6) 庭院街区内部有完整的步行系统，该步行系统与公共交通有便捷的联系，并将街区内重要的公共设施、优秀历史建筑和重要公共开放空间相串联；
 - (7) 庭院街区之间的联系可以通过公共交通或自行车路线进行连接。
- 基于上述标准，根据衡复地区现有的各类资源分布、土地使用等情况，提

出了5个庭院街区划分设想（图2）。5个庭院街区的划分设想是一方面考虑划分后的街区面积尺度更加适宜步行，另一方面考虑每个街区的功能特色鲜明，使具有旅游资源的街区主题更加突出，体现差异化，而有些街区则主要强调其安静的慢生活特征，主要面向本地居民。每个街区的主导功能如下：

- 1号街区：安静便利的慢生活街区
- 2号街区：都市休闲体验街区
- 3号街区：兼有行政与文化特色的安宁社区
- 4号街区：故居文化，历史建筑博览特色街区
- 5号街区：音乐、艺术与文化体验街区

2.2 庭院街区划分的验证

基于旅游体验的需求分析可知，对一般游客而言，其旅游目的性较强，比如要参观名人故居，就会直接选择去4号街区，如果要体验音乐文化和购物，就会直接去5号街区，交通工具主要是依靠地铁（因为每个街区都与地铁站有便捷的联系），跨街区（不相邻街区）一般也会选择地铁或者公共自行车，靠步行跨多个街区游览的可能性很小。

表1 由手机信令数据测算的游憩活动到过的不同街区人次比例（%）

Tab.1 The proportion of people traveling to different blocks for leisure calculated using mobile phone signaling data (%)

到过1号街区的人次比例	9.12
到过2号街区的人次比例	18.49
到过3号街区的人次比例	17.07
到过4号街区的人次比例	20.48
到过5号街区的人次比例	34.85

资料来源：作者自绘。

表2 由手机信令数据测算的游憩活动跨街区游览人次比例（%）

Tab.2 The proportion of people travelling crossing different blocks for leisure calculated using mobile phone signaling data (%)

到过1个街区的人次比例	86.20
到过2个街区的人次比例	12.30
到过3个街区的人次比例	1.39
到过4个街区的人次比例	0.11
到过5个街区的人次比例	0.01

资料来源：作者自绘。

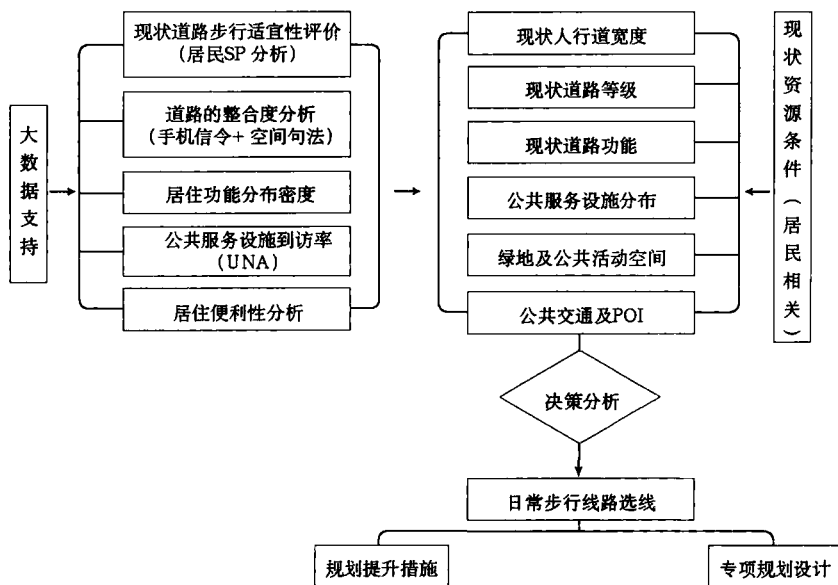


图3 日常步行线路选线技术逻辑

Fig.3 Technology logic diagram of daily pedestrian route selection
资料来源：作者自绘。

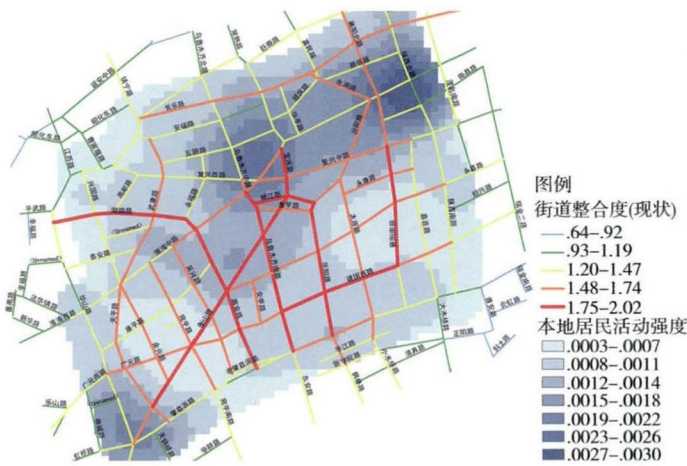


图4 街道整合度与居民活动强度的关系

Fig.4 The relationship between street integration value and resident activity intensity
资料来源: 作者自绘.

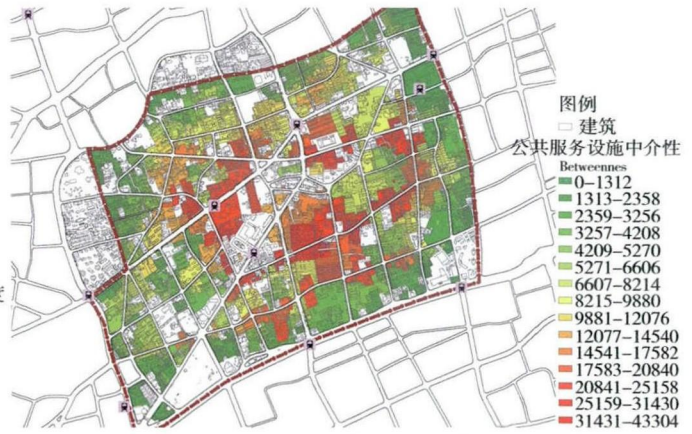


图5 公共资源到访率分析

Fig.5 Analysis of visiting rate of public resources
资料来源: 作者自绘.

本方案中使用的大数据是手机信令数据, 是上海某运营商2015年11月连续16天(10个工作日和6个休息日)手机信令数据, 平均每日约记录580万活跃用户。依据手机信令数据产生的时空规律, 连续16日中信令出现天数, 区分出本地居民和外来游客, 再识别出本地居民的居住地、工作地。随后在6个休息日正常游憩时间内(9点-21点), 某一手机用户在衡复地区内部较小范围内连续停留超过30min, 继续确定此范围既不是前述识别出的该居民的居住地、工作地, 即识别居民在衡复地区内的游憩活动发生地(丁亮, 等, 2017)。采用这一方法, 从手机信令数据计算出的居民游憩活动到过不同街区的人次比例如表1所示。

通过上述分析可知, 本市居民游憩活动主要集中在5号街区(主要是淮海路大型商业设施而吸引的人流); 1号街区最少, 这是因为1号街区公共资源和特色建筑分布很少, 主要是面向本地居民服务, 因此也验证了将其定位为安静的慢行街区是合理的。游客跨街区游览的比例如表2所示。

同时到过5个街区的游客只占0.01%, 同时到过3个街区的游客也不超过2%。有超过86%的游客仅到过1个街区。由此验证了前面提出的游客选择目的性很强、较少跨区步行游览的观点, 使得划分5个庭院街区的做法有了游客行为的直接依据, 同时也为下一步特色

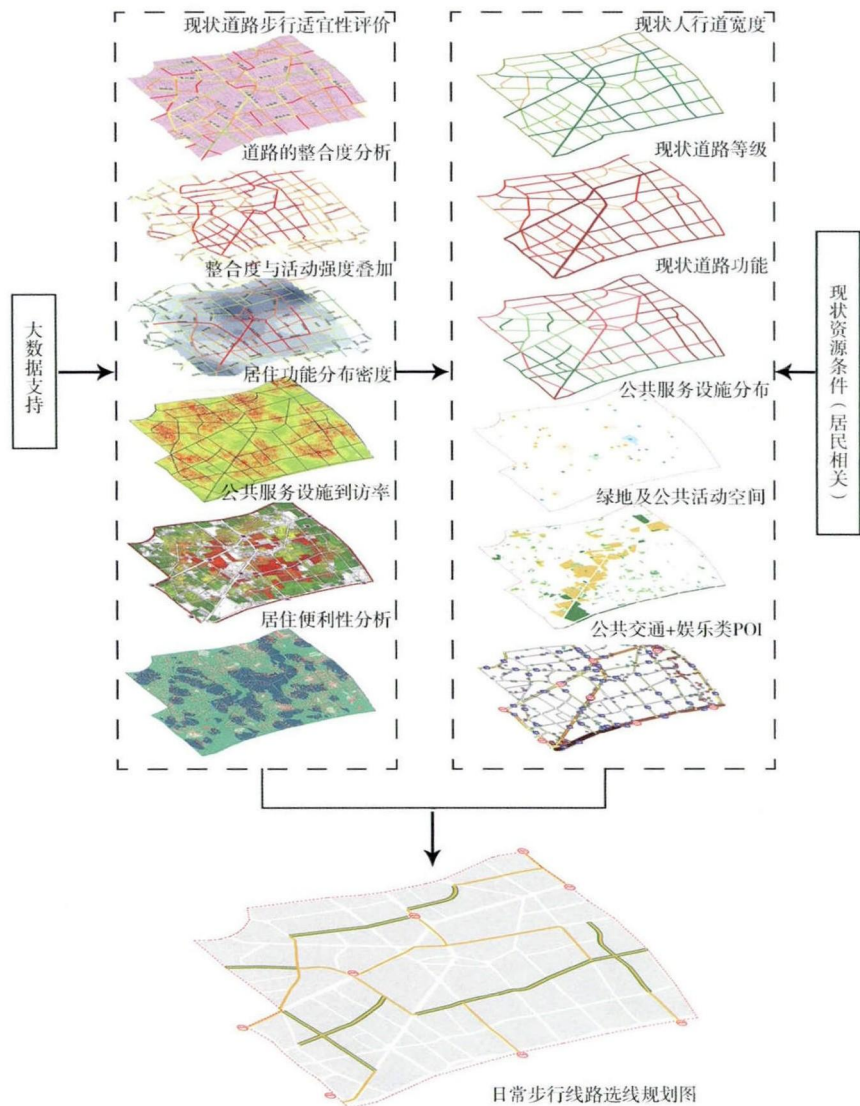


图6 日常步行线路选线叠加分析

Fig.6 Overlay analysis of daily pedestrian route
资料来源: 作者自绘.

旅游步行线路规划提供了依据。大数据验证了划分庭院街区划分理念后，规划方案将只在各个街区内部规划旅游线路，而不再规划跨不同街区的步行游览线路。

3 资源共享——居民和游客共享的慢行系统线路选择

3.1 “资源共享”的理念和量化分析支持途径

衡复地区的公共资源主要包括公共服务设施、优秀历史建筑及特色建筑、公共开放空间三个方面。这些公共资源中既有面向本地居民的生活性服务设施，也有主要面向游客的优秀历史建筑、文化艺术场所、商业空间等，其中很多是共同为本地居民和外来游客服务的。基于此，本方案提出居民与游客共享公共资源的理念，充分考虑现状道路和资源条件用步行系统将公共服务设施、优秀历史建筑、公共开放空间等进行串联，一方面成为本地居民及工作人群的必经之路，是城市基本的日常步行路线，同时，该线路与游客的游览路线有较大部分的重合，成为外来游客了解本地区历史文化发展及当代城市生活的重要载体，从而实现本地居民与游客对公共资源的共享。

在资源共享理念的指导下，慢行系统选线包括了居民日常步行线路、特色旅游步行线路、自行车骑行线路三个部分。在慢行系统选线中采用了大数据为主，结合多种传统量化分析手段的技术途径。继续使用手机信令数据测算居民活动时空分布，配合使用空间句法、UNA等网络分析工具用于慢行系统分析，作为选择最佳步行线路的技术支持，经过比较、优化，最终确定步行线路的选线。

3.2 居民日常步行线路规划

日常步行线路主要面向当地居民，从满足居民日常生活出行必需角度出发。其路线选择的逻辑过程如图3所示。

支持日常步行线路选线方面，做了多个方面的量化分析，包括现状道路步



图7 庭院道路再造方案示意

Fig.7 Diagrammatic sketch of courtyard road reconstruction
资料来源：作者自绘。

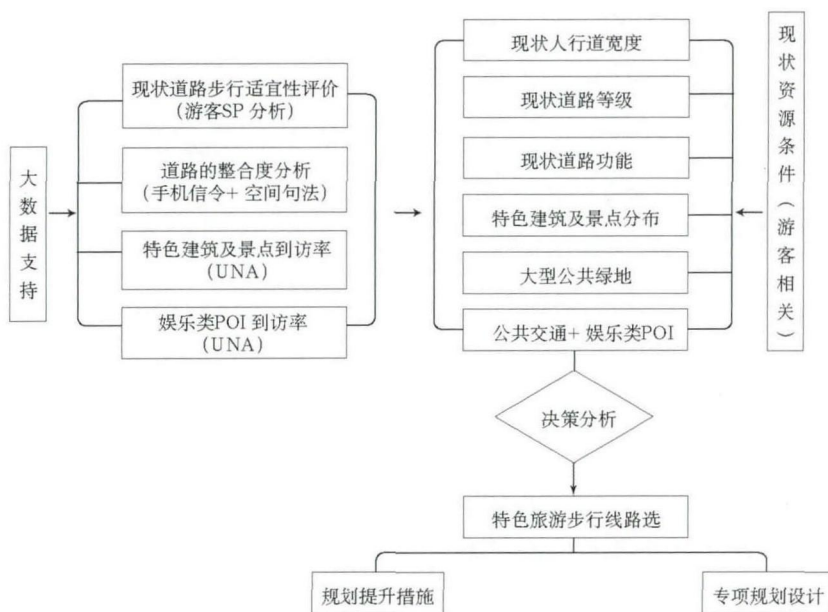


图8 特色旅游步行线路选线技术逻辑

Fig.8 Technology logic diagram of tourist pedestrian route selection
资料来源：作者自绘。

行适宜性评价、道路的整合度分析、居住功能分布密度分析、公共服务设施到访率分析和居民便利性分析。其中手机信令数据和空间句法、UNA等城市空间网络分析方法结合，进行了大数据支持城市设计方案生成的探索。

(1) 现状道路整合度分析——基于手机信令数据和空间句法

对衡复地区现状各条街道及其周边街道的人行道宽度、林荫植被、车流量、占道停车情况、街道尺度等进行综合评估，将其分为不适宜步行、较适宜步行与适宜步行三类。

基于以上对街道步行性的判断，运用空间句法对街道的整合度进行分析。步行适宜性较高的街道，设置空间句法



图9 历史建筑到访率分析

Fig.9 Analysis of visiting rate of historic buildings

资料来源：作者自绘。

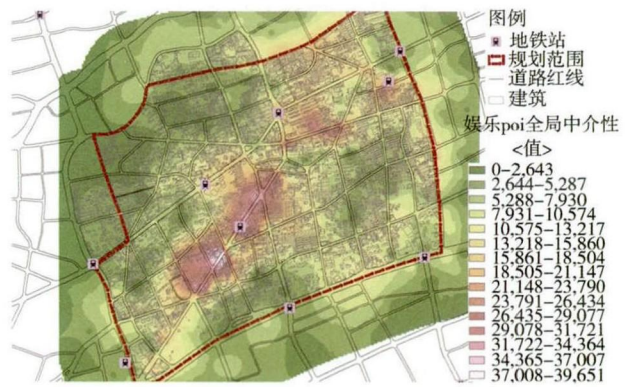


图10 娱乐类设施到访率分析

Fig.10 Analysis of visiting rate of entertainment facilities

资料来源：作者自绘。

中的轴线越为连续。空间句法使用运行于ArcGIS的axwoman工具计算得到街道整合度。分析得出的结果中，数值越高，表示街道的整合度越高。将街道整合度结果与本地民活动强度图叠合（图4），分析结果显示在人群活动强度较强的区域，道路的整合度普遍较高。分析中发现了部分整合度较高，但人群活动较弱的区域。依据空间句法的原理，在道路拓扑关系不变的前提下，这些街道应该吸引较多的步行者到达。现状人群活动强度较弱，显然是现状街道步行环境较差、吸引力不足导致。这些街道的步行环境是步行规划中需要进行优化的。

(2) 公共资源到访率分析

使用了城市网络分析工具Urban Network Analysis (UNA) 量化分析公共资源的到访率，该工具中的betweenness测度指标能反映在现有街道网络和空间布局下，区内的哪些公共资源被途经的到访率较高。

日常步行线路的选线，主要关注居民使用公共服务设施的出行情况。以恢复地区所有规划居住用地作为起点，将区内的所有公共服务设施地块和绿地设为终点，运行UNA工具，得到本地区的公共资源到访率结果如图5所示。区内公共资源到访率最高的区域集中在高安路、永嘉路、襄阳路、复兴路和淮海中路围合而成的环状区域，上述道路也成为日常步行线路选线的首选区域。

依据前述日常步行线路选线的技术逻辑，综合考虑现状资源条件，将相关要素进行叠加分析，其分析过程如图6

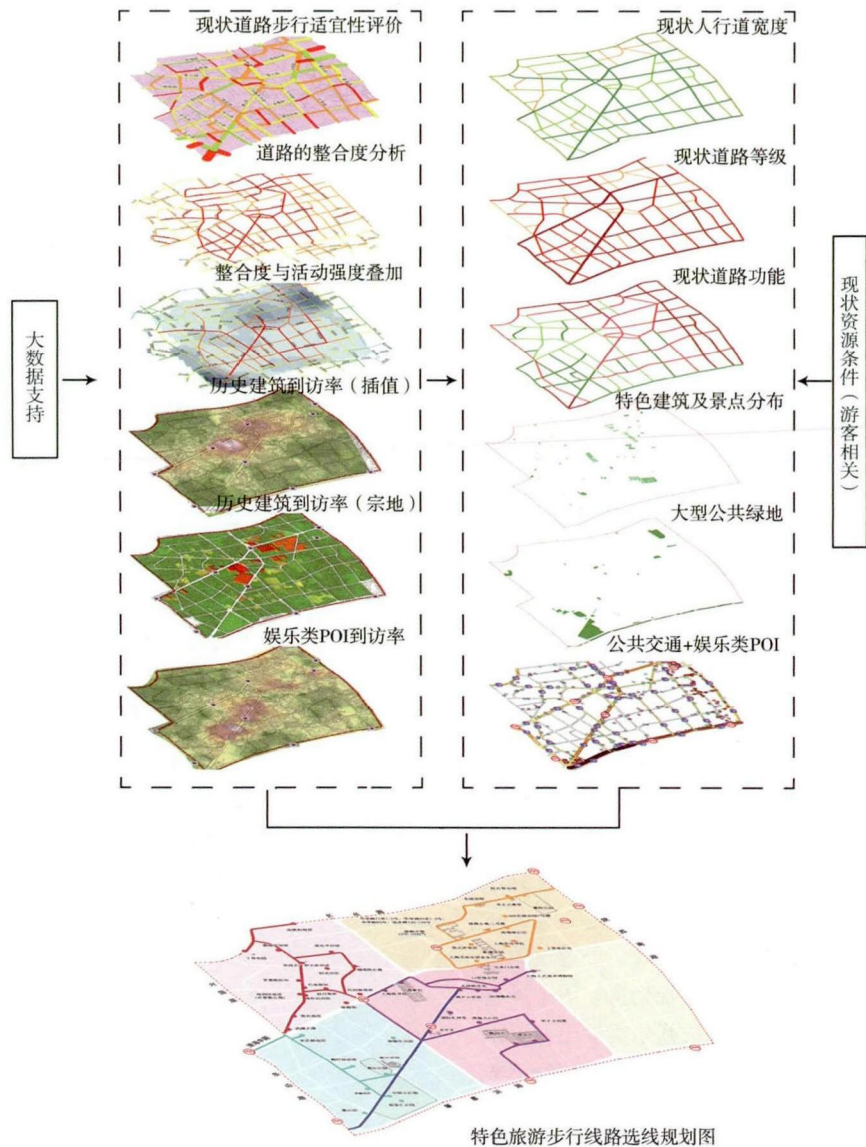


图11 特色旅游步行线路选线叠加分析

Fig.11 Overlay analysis of tourist pedestrian route

资料来源：作者自绘。

所示。在比较、优化的基础上得出本地区日常步行线路选线结果。

经过对日常步行线路和步行适宜性评价图进行对比,显示日常步行线路的选线与步行适宜性吻合度非常高,基本都是在适宜步行的道路上。只有武康路至永福路段的五原路步行环境较差,有效步行宽度不足。因此,规划将该路段改造为庭院道路,提高步行适宜性。同样,在其他庭院街区内,每个街区选择1-2条不通公交车的道路进行庭院道路改造,实现道路的人车共享,提高街区内的步行友好性(图7)。

3.3 特色旅游步行线路规划

采用与日常步行线路选线相类似的技术逻辑,进行特色旅游步行线路规划。其路线选择的逻辑过程如图8所示。

与日常步行线路不同的是,特色旅游步行线路主要面向外来游客,因此更多考虑与游客游览相关的内容,如特色建筑及景点分布、娱乐类设施分布状况等;主要进行特色建筑及景点到访率分析及娱乐类设施到访率分析,以及针对游客的道路步行适宜性评价。

运用UNA工具对衡复历史风貌区内的各个历史建筑的到访率进行分析。将衡复地区的历史建筑分为三类。已经开放成为旅游景点的历史建筑,这类知名度最高,对游人的吸引程度最高,设权重为3;尚未变成旅游景点的名人故居(比如巴金住宅)和具有一定公共性但不是旅游景点的历史建筑(比如美国驻沪总领事馆),该类历史建筑设权重为2;目前仍具有实际功能、游客一般不能进入的历史建筑(比如商务部驻沪办事处),此类设权重为1。运行UNA工具计算后得到结果如图9所示。

对于游客而言,参观历史建筑的行为多发生在白天,夜晚到衡复历史风貌区的游客多会选择去娱乐类设施,所以有必要对本地区内的娱乐类设施到访率进行分析。分析结果如图10所示。

在上述量化分析基础上,充分考虑现状资源条件,根据各个庭院街区的功能定位和旅游资源特点,并考虑与公共交通特别是地铁的便捷联系,完成特色

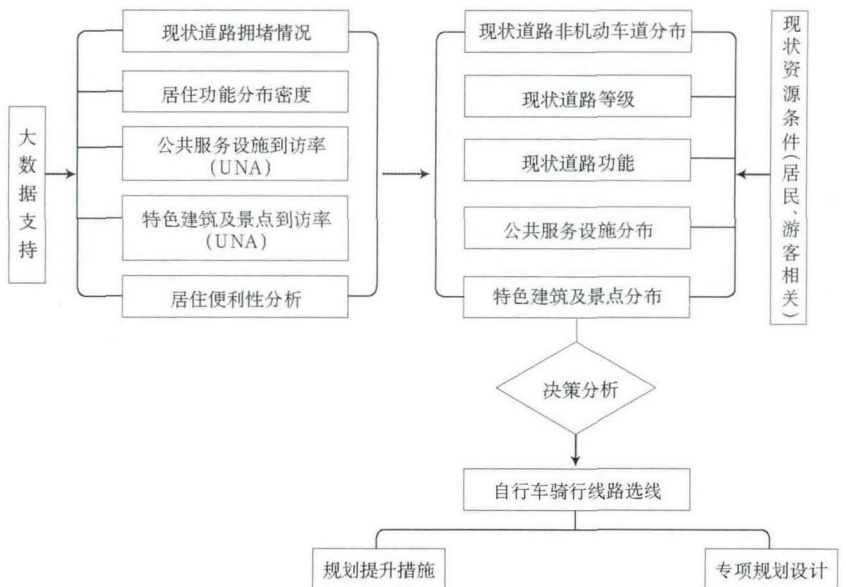


图12 自行车骑行线路选线技术逻辑
Fig.12 Technological diagram of bicycle route selection
资料来源:作者自绘。

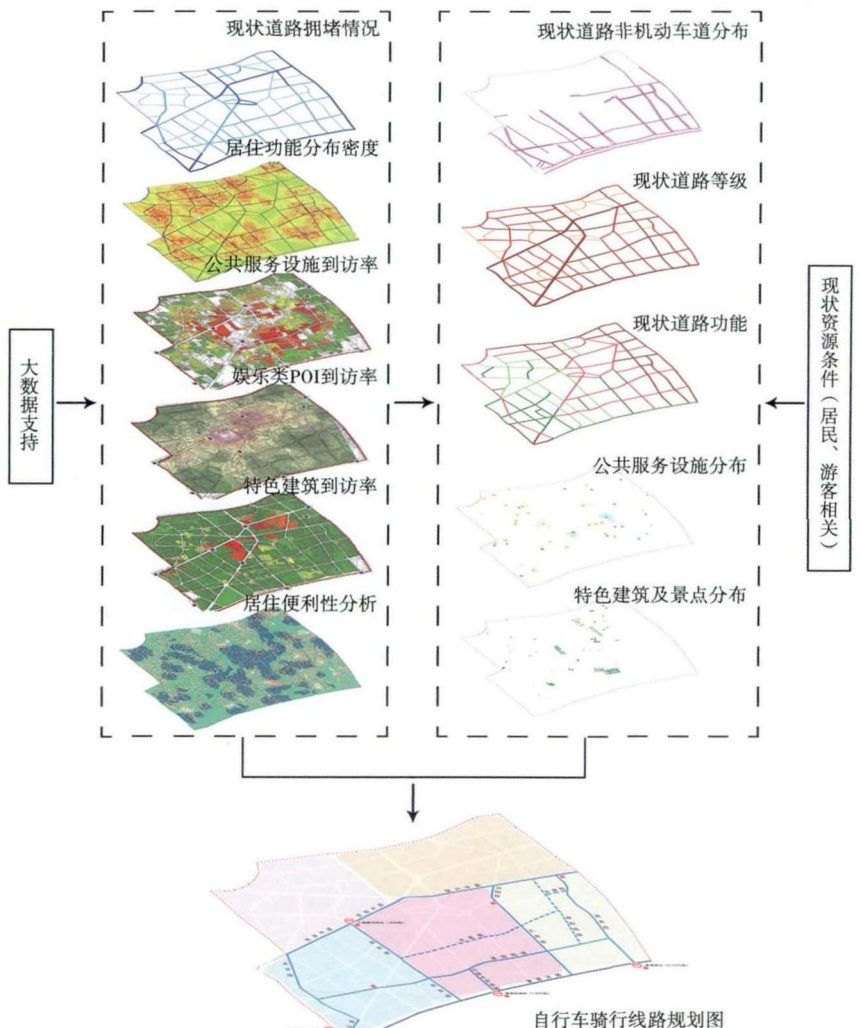


图13 自行车骑行线路选线叠加分析
Fig.13 Overlay analysis of bicycle route
资料来源:作者自绘。

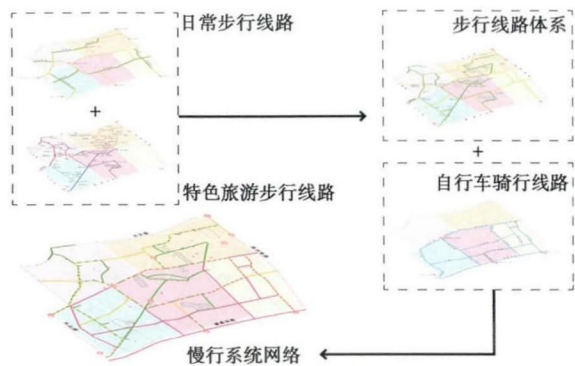


图14 地区慢行系统规划过程
Fig.14 Diagram of slow traffic system planning
资料来源：作者自绘。



图15 慢行系统规划
Fig.15 Slow traffic system plan
资料来源：作者自绘。

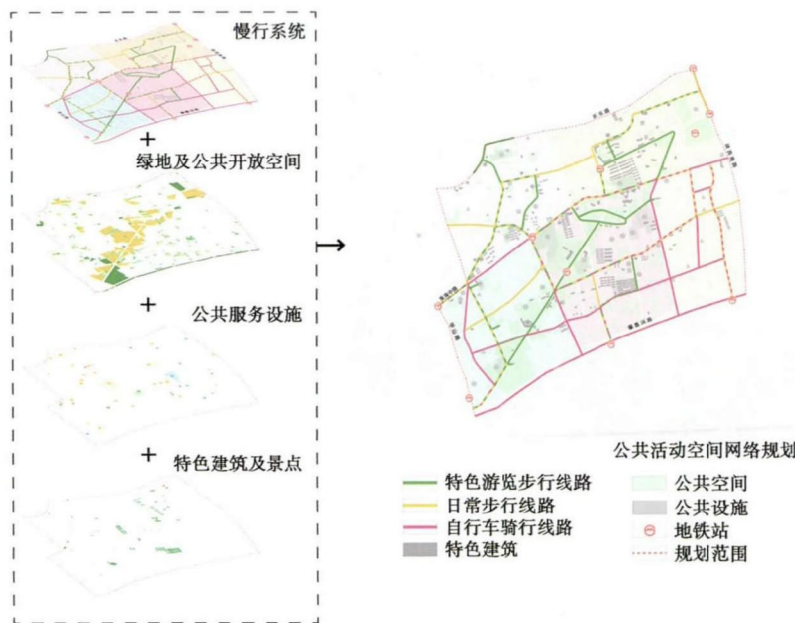


图16 公共活动空间网络规划
Fig.16 Public activity spatial network plan
资料来源：作者自绘。

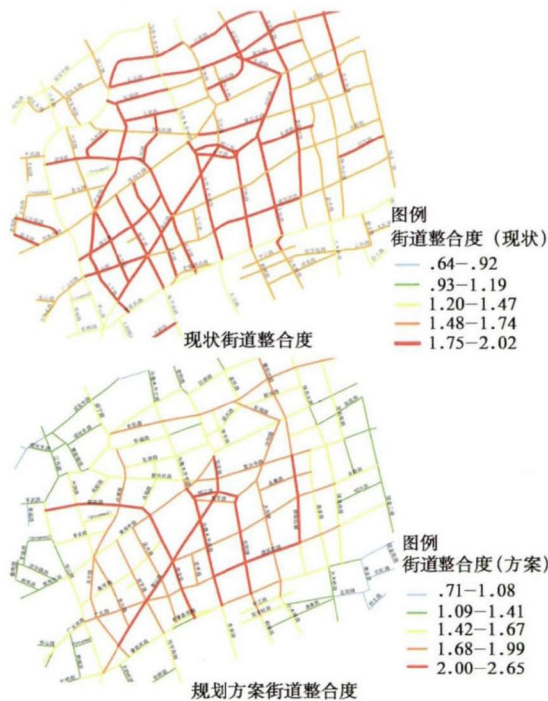


图17 公共活动空间网络规划方案的街道整合度复核验证
Fig.17 Street integration review of public activity spatial network plan
资料来源：作者自绘。

旅游步行线路规划(图11)。方案中确定了五条面向游客的特色游览步行线路,并结合各街区的旅游资源特色,对评价较差的道路进行铺装、环境、街道设施等专项改造提升设计。

3.4 自行车骑行线路规划

自行车出行目的主要包括日常出行及锻炼、就业通勤、游览观光三个方面。本地区的办公场所主要集中在北部中段常熟路、淮海路及复兴路交汇区域,以及南部中段肇家浜路沿线,通过地铁站覆盖办公楼分布可知,这些办公

场所均在地铁线500m服务半径之内。对于本地区的绝大多数就业人员而言,没有自行车通勤的需求。因此,本地区的自行车骑行线路主要面向居民的日常出行及游客的游览需求。

自行车路线的选线逻辑与步行线路选线相类似,仍然采用叠加分析方法。不同之处在于,现状资源条件主要考虑了现状自行车道的分布情况,并同时考虑了居民和游客两方面的需求,其选线逻辑框架如图12所示,叠加分析结果如图13所示。

4 系统整合——公共活动空间网络规划

4.1 慢行系统规划

慢行系统包括步行(含跑步)线路体系和自行车骑行线路体系。将上述居民日常步行线路与游客游览步行线路进行叠加,可以得到本区内的步行(含跑步)线路体系。将步行线路体系与自行车骑行线路叠加,可得到本区的慢行系统网络(图14、图15)。

4.2 公共活动空间网络规划

利用慢行系统(步行体系+骑行体系)将公共设施、特色建筑(优秀历史保护建筑、名人故居等建筑景点等)及公共开放空间(包含室内步行及活动空间)串联起来,形成公共活动空间网络系统。

从这个意义上说,公共活动空间网络,依托便捷的公共交通,结合业态和功能定位,将城市慢行系统、公共开放空间、公共服务设施及特色建筑整合在一起,为实现本地区活力、魅力、宜居的目标提供了空间主导框架,是本地区最有价值的空间场所系统,也是本规划的核心内容(图16)。

继续运用空间句法工具,对上述公共活动空间网络进行街道整合度校核分析。经过规划优化,街道整合度在3号、4号及5号街区均有较大幅度提升,1号、2号街区整合度也有较明显改善,从而验证了规划方案的合理性(图17)。

5 讨论和结语

移动定位大数据能定量、连续地、快速地测度居民在城市空间中活动轨迹,分析城市空间的使用状况,这为人本出发的城市设计提供了全新的基础数据,对设计理念、方法带来变革。另一方面,本方案使用的手机信令数据的空间定位精度相对较粗,一定程度上制约了移动定位大数据这一优势发挥。如果能有GPS定位精度移动定位大数据支持,能在本方案类似尺度的城市设计中发挥初更大的优势。

大数据的价值在于应用。面对海量的数据,如何选择有效数据,选择怎样的计算和分析工具、确定怎样的技术路线以实现设计的支持才是至关重要的。从这个意义上说,设计的理念、思路和技术路线,即确立大数据分析与设计生成方案的逻辑对应关系,是大数据发挥作用的关键。本方案正是基于这样

的理解,针对设计目标,确定了简洁、清晰的技术路线和设计生成逻辑,提出了以规划设计理念先行、大数据分析验证;大数据与传统定量分析方法支持方案生成和复核的两种技术途径,实现了大数据对城市设计方案全过程的有力支撑。

参加本次“衡山路复兴路历史文化风貌区公共活动空间网络规划”的工作团队成员有:田宝江,钮心毅,方促华,丁亮,李静,刘辰阳,谢昱梓,周笑贞,吴艳翠,王婷,张颖霞,徐群,郭鑫,李颖欣。感谢王德教授、周俭教授、周鸣浩助理教授对本项目的大力支持!

参考文献 (References)

- [1] 丁亮,钮心毅,宋小冬. 上海中心城区商业中心空间特征研究[J]. 城市规划学刊, 2017(1): 63-70. (DING Liang, NIU Xinyi, SONG Xiaodong. A study on spatial characteristics of commercial centers in Shanghai central city [J]. Urban Planning Forum, 2017(1): 63-70.)
- [2] 李星月,陈滢. 大数据背景下同城化量化分析方法及温岭市实践[J]. 规划师, 2016, 32(2): 83-88. (LI Xingyue, CHEN Meng. Quantitative study of urban integration with big data and Wenling's practice[J]. Planners, 2016, 32(2): 83-88.)
- [3] 杰夫·斯佩克. 适宜步行的城市——营造充满活力的市中心拯救美国[M]. 欧阳南江,陈明辉,等,译. 北京:中国建筑工业出版社, 2016. (Speck J. Walkable city: how downtown can save American, one step at a time [M]. OUYANG Nanjian, CHEN Minghui, et al, translate. Beijing: China Architecture and Building Press, 2016.)
- [4] 龙瀛,张宇,崔承印. 利用公交刷卡数据分析北京职住关系和通勤出行[J]. 地理学报, 2012, 67(10): 1339-1352. (LONG Ying, ZHANG Yu, CUI Chengyin. Identifying commuting pattern of Beijing using bus smart card data[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(10): 1339-1352.)
- [5] 钮心毅,丁亮,宋小冬. 基于手机数据识别上海中心城的城市空间结构[J]. 城市规划学刊, 2014(6): 61-67. (NIU Xinyi, DING Liang, SONG Xiaodong. Understanding urban spatial structure of Shanghai central city based on mobile phone data[J]. Urban Planning Forum,

2014(6): 61-67.)

- [6] 钮心毅,王焱,丁亮. 利用手机信令数据测度城镇体系的等级结构[J]. 规划师, 2017, 33(1): 50-56. (NIU Xinyi, WANG Yao, DING Liang. Measuring hierarchical structure of urban system based on mobile phone signaling data [J]. Planners, 2017, 33(1): 50-56.)
- [7] 孙靓. 城市步行化——城市设计策略研究[M]. 南京:东南大学出版社, 2012. (SUN Liang. Urban pedestrianization: study on urban design strategy[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2012.)
- [8] 王德,王灿,谢栋焯,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. (WANG De, WANG Can, XIE Dongcan, et al. Comparison of retail trade areas of retail centers with different hierarchical levels: a case study of east Nanjing road, Wujiaochang, Anshan road in Shanghai [J]. Urban Planning Forum, 2015(3): 50-60.)
- [9] 吴志强,叶鍾楠. 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(4): 33-40. (WU Zhiqiang, YE Zhongnan. Research on urban spatial structure based on Baidu heat map: a case study on the central city of Shanghai[J]. City Planning Review, 2016(4): 33-40.)
- [10] 席广亮,甄峰. 基于大数据的城市规划评估思路与方法探讨[J]. 城市规划学刊, 2017(1): 57-62. (XI Guangliang, ZHEN Feng. Exploring the ideas and methods of urban planning evaluation based on big data[J]. Urban Planning Forum, 2017(1): 56-62.)
- [11] MANFREDINI F, PUCCI P, TAGLIOLATO P. Toward a systemic use of manifold cell phone network data for urban analysis and planning[J]. Journal of Urban Technology, 2014, 21(2): 39-59.
- [12] RATTI C, WILLIAMS S, FRENCHMAN D, PULSELLI R, WILLIAMS S. Mobile landscapes: using location data from cell phones for urban analysis[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2006, 33(5): 727-748.

修回: 2017-03