

面向城市社区规划的参与式感知与计算 ——概念模型与技术框架

张姗姗^{1,2}, 甄峰^{1,2}, 秦萧^{1,2}, 唐佳^{1,2}

(1. 南京大学建筑与城市规划学院, 南京 210093;

2. 江苏省智慧城市设计仿真与可视化技术工程实验室, 南京 210093)

摘要: 科学准确地感知社区居民参与现状、诊断存在问题, 及时广泛地了解社区居民需求与诉求, 对于提升新形势下社区居民参与城市社区规划的能力与水平意义重大。借助网络和移动设备等技术手段, 采取以人为主体的参与式感知方式获取数据, 可实时感知和分析居民的情感、行为和所处的环境, 进而提高社区居民参与的广泛性和时效性。国内外该领域的研究刚刚起步, 对面向城市社区规划的参与式感知与计算尚缺乏系统深入的机理探索和方法研究。本文针对中国城市社区规划的实际需求, 构建了面向城市社区规划的参与式感知与计算概念模型, 提出实现参与式感知与计算的技术框架, 并探讨其中涉及的具体技术研究内容。本研究将深化面向城市社区的参与式感知与计算的相关理论与方法研究, 为城市社区规划的公众参与和科学评估提供新思路、新方法。

关键词: 城市社区规划; 参与式感知; 感知计算; 公众参与

DOI: 10.11821/dlyj020190618

1 引言

社区是与人们生活关系密切相关的社会基本单元。随着中国城镇化进程不断推进、新市民不断增加、居民生活方式快速转变, 社区在城市建设和社会治理中扮演的角色日益重要^[1,2]。中共中央、国务院2017年颁发并实施的《关于加强和完善城乡社区治理的意见》, 明确提出应增强社区居民参与能力、改善社区人居环境、优化社区资源配置。社区规划是社区发展建设的重要部分, 是对一定时期内社区的“发展目标、实现手段以及人力资源的综合部署”, 涉及社区服务、社区环境、社区管理、社区经济和文化发展等多方面内容^[3,4]。在城市规划学科中, 关注的重点通常是提供充分满足社区成员需求的物质环境与设施, 而通过广泛的公众参与及时、准确地了解居民诉求是其重要手段^[4,5]。但是, 传统的公众参与形式主要是公示、问卷、调研、座谈会等, 易受时间、地点、参与人数的限制, 存在成本高、时效性差、参与人数少、参与深度有限等缺陷, 往往不能适应当前城市社区更新变化的动态需求^[6]。因此, 迫切需要发展时效性高、参与范围广、参与程度深的公众参与手段, 大力辅助和支持社区规划。

近年来, 随着信息通讯技术 (ICT)、智能通讯设备等迅速普及, 基于互联网和新媒

收稿日期: 2019-07-22; 修订日期: 2020-04-21

基金项目: 中国博士后科学基金 (2019M651784); 国家自然科学基金 (41571146, 51708276); 中央高校基本科研业务费专项基金

作者简介: 张姗姗 (1989-), 女, 安徽六安人, 博士后, 主要从事智慧规划、大数据挖掘与规划参与新技术研究。

E-mail: zhangshanqi@nju.edu.cn

通讯作者: 甄峰 (1973-), 男, 陕西汉中, 教授, 博士生导师, 主要从事智慧城市、大数据与城市规划研究。

E-mail: zhenfeng@nju.edu.cn

体的众筹、数据驱动等被动式公众参与形式逐渐出现,为降低参与成本、扩大参与广度、提高参与频度等提供了可能^[7]。这些新型公众参与形式的本质实为参与式感知,它是将每个人看作一个传感器(human as sensors),通过收集个人主动或被动分享的位置、文字、图像等数据,利用模式挖掘、语义分析等方法对数据进行计算分析,从而实时感知公众的行为和诉求。对于城市社区居民来说,其通过网络平台、手机应用、智能设备等分享的足迹、心情、生理信息(如压力)等个人信息,或传播的有关噪音、污染等环境信息的数据,能够反映居民的个人情感、空间活动以及生活环境等信息,可用来分析挖掘居民需求和诊断社区问题,从而科学有效地支撑城市社区的规划和管理决策^[8,9]。因此,利用覆盖范围广、准实时、语义信息丰富的感知数据,计算、分析社区居民的共同需求与个性化差异,将成为规划师及时、动态了解居民需求的一种崭新手段和有效途径。

目前,感知数据在城市规划中的广阔应用前景已引起了国内外学者们的关注^[10,11]。利用数据分析、可视化等技术,将个体数据“量化”为群体智慧,进而融入城市规划的分析、评估与决策,被认为将是城市规划新的科学范式^[12]。在社区层面,2018年12月,住建部发布的新版《城市居住区规划设计标准》中,首次将生活圈应用到居住区分级控制中。其本质是从社区居民的行为和需求出发,突破“千人指标”等标准化配置方式的局限性,进而实现公共资源的精准化配置、提升社区空间品质和设施服务质量^[13]。目前,学者和规划实践者们普遍认识到应从社区生活圈理念入手,组织、优化社区公共设施。以人作为微观研究对象,以人的行为和需求为核心,利用感知数据分社区、分人群、科学、全面地感知居民需求,充分考虑社区迥异的发展水平和社区人群的差异化需求,因地制宜地提出社区规划方案,及时针对居民生活需求进行反馈与调整,改善社区基础设施配套不完善、公共服务空间分布不均、弱势群体生活不便等问题,将是中国城市社区规划与发展的重要举措^[14]。

目前,参与式感知虽已被初步应用到社区规划实践中,取得了一定成果,但已有研究以分散、经验式的实证探索为主,较少针对参与式规划的需求,从感知机制、计算方法、应用模式等方面对参与式感知展开综合性研究,对于参与式感知与社区规划结合的机制、参与式社区规划的新范式等缺乏深入探讨。同时,对感知数据的计算、分析是参与式感知与计算的核心,需要根据城市社区规划的具体要求,针对性地引入地理信息、计算机等领域的理论和方法,发展新的模型和分析方法,完善参与式感知与计算的技术框架,指导未来应用方法和实证研究的开展和深入。鉴于此,本文从中国城市社区规划的实际需求出发,探索面向城市社区规划的参与式感知与计算的概念模型,提出整合多源感知数据、面向居民需求分析、社区规划评估的技术框架。本文将深化对城市社区参与式感知的基本问题的认识,为城市社区规划的公众参与和科学评估提供新思路、新方法。

2 概念模型

参与式感知的概念由Burke等^[15]首先提出,随后,一些学者相继提出以用户为中心的感知、群智感知、公众感知、移动感知等相似概念,都是在某一场景下通过移动设备形成的传感网络来收集感知信息^[16-19]。在公众参与领域,参与式感知为全面、及时地了解公众诉求提供了一种新的数据采集、分析和应用方法。本文综合考虑了参与式感知与计算的机制和方法,结合社区规划的应用需求,构建了面向城市社区规划的参与式感知与计算概念模型(图1),为确立参与式感知与计算实施的方法路径提供必要依据。

2.1 构成要素

面向城市社区规划的参与式感知与计算的本质是在信息技术的支撑下,通过各类感知手段记录居民与社区空间的互动关系,进而通过信息化手段处理、管理、分析感知数据,从数据中提取出可服务于社区规划的知识,为社区现状评价、社区规划编制等提供科学依据。

居民与社区的互动关系是参与式感知的核心感知要素。从感知的主体看,参与式感知应主要记录三方面内容:一是社区空间的客观环境,包括社区的绿化情况、空气质量、噪音水平等;二是居民与社区空间的互动,如居民对于社区空间和社区设施的使用情况、居民在社区空间中从事的活动、居民在社区空间中的移动轨迹等;三是居民在社区空间中的主观感受,包括居民对于社区设施和服务的主观满意度、邻里关系、社区感等。

感知与计算是结合空间分析、语义分析、机器学习等方法,构建计算框架,对广泛感知所得到的居民与社区的信息进行挖掘、凝练、整合、分析,针对公共空间布局、公共服务设施配置、交通设施布局等社区规划内容,从感知数据中获取对人的行为和活动、情感和认知、周围环境、社交关系的空间格局、时空变化规律等的系统性认识,辅助发现城市社区中存在的问题,支撑社区规划决策。

社区规划的主要目标是社区居民提供充分满足其需求的物质环境与设施,包括社区公共空间规划、社区公共服务设施规划、社区交通设施规划等内容^[5]。随着智慧社区、社区生活圈等理念的深入,以及当前对于提升规划手段科学性的要求,社区规划更应充分利用感知数据和信息化手段,对社区规划现状进行动态监测和实时评估,制定科学规划方案,以提高社区居民的生活质量。

2.2 作用机制

参与式感知与计算为参与式社区规划带来重要机遇,一方面,参与式感知拓展了传统的公众参与形式,形成了一种以人为主体进行泛在感知的新型公众参与形式,可丰富和拓展公众参与的理论和方法,有助于弥补传统参与方式的不足^[7]。另一方面,参与式感知与计算可服务城市社区规划,为社区规划决策、精细化社区服务等提供有力支撑。因此,从公众参与机制和规划应用机制两方面探讨面向城市社区规划的参与式感知与计算的作用机理,旨在探讨参与式感知与计算如何作用于社区规划,为参与式社区规划带来新的范式。

2.2.1 公众参与机制 在社区规划的不同阶段,鼓励公众参与、广泛征集公众意见、了解公众需求是城市规划的重要内容。传统的公众参与主要以公示、现状调研、调查、问卷、听证会、座谈会等形式展开。参与式感知拓展了传统参与形式,构成了一种单元式的参与(unitized participation),具有参与广泛便捷、参与者角色多变、专家与非专家的区别模糊、参与形式和影响途径分离等特点^[7]。同时,参与式感知拓展了传统的主动式参与范式,用户可通过主动和被动两种形式参与到社区规划过程中。主动参与是参与者在了解其提供的信息将被用于规划分析的前提下,自愿地通过互联网信息平台、手机应用

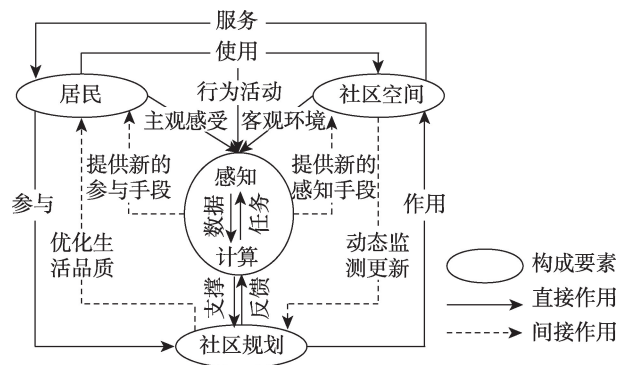


图1 面向城市社区规划的参与式感知与计算概念模型

Fig.1 A conceptual model of participatory sensing and computing for urban community planning

和智能设备等贡献数据。被动参与是综合利用自然语言处理、图像处理、信息检索等方法,从网络环境中提取活动、认知、情感等与规划相关的信息^[20,21]。也有学者认为,参与式感知的本质是数据参与,是通过数据反映居民需求、评价既有规划,大范围、高频率、高精度的关于“人”的数据的产生是其重要特征。一方面,感知大数据可补充传统的问卷、调研方法,从多维度充分理解人的需求,更加适合分析城市系统中的动态要素(如活动)和动态变化^[23]。另一方面,感知数据是对城市社区综合观测、感知所得出的直接结果,应强调数据分析手段的应用,以获取有效的信息和知识,支撑科学规划决策^[22]。

2.2.2 规划应用机制 参与式感知与计算的城市社区规划应用体现在支撑规划决策、辅助动态监测评估、提供精细化公共服务、社区营造等方面。第一,参与式感知与计算提供了多元参与的渠道,可全面了解居民需求,为科学制定规划目标,辅助规划决策提供了依据。例如,将众规平台、手机行为数据等相结合,可应用于社区微型公共空间的选址与规划。第二,相比于传统参与形式,参与式感知具有时效性高的特点,为动态监测社区现状、及时发现居民需求提供了可能。例如,通过挖掘居民活动数据可及时发现空间使用率低下的公共空间,进而为社区公共空间提出针对性的优化意见^[24]。第三,通过鼓励居民提供关于社区道路、环境、设施、公共空间等的现状,可收集到更全面、更有针对性的数据,进而为居民提供更精细化、人性化的公共服务。例如,通过鼓励居民提供针对残障人士的道路现状问题,结合导航算法,可为不同残疾人群体提供定制化的导航服务^[21]。第四,广泛的居民参与不仅提供了多源数据的采集渠道,也使居民在参与的过程中,提高了凝聚力,有助于营造良好的社区氛围。同时,多元的参与渠道、交互式的参与平台和参与形式等有助于提高参与的公平性、决策的透明度,是体现社区规划人本化的重要举措。

3 技术框架

综合考虑感知、计算、应用各部分所涉及的技术流程,本文构建了面向城市社区规划的参与式感知与计算总体技术框架,提出了各技术环节面临的关键技术问题(图2),并结合城市规划、GIS、计算机等多学科领域知识,给出了具体的技术研究思路。

3.1 面向城市社区规划的感知数据采集方法

参与式感知是通过各类硬件设备和软件应用采集用户行为、活动、感受等多维度的数据。目前,根据感知的途径不同,可将感知数据的收集方法分为:利用摄像头、环境监测设备、可穿戴设备等传感设备采集人和环境的信息;利用基于手机等通讯设备收集手机信令、基于位置服务的手机应用等数据;利用社交媒体、网络论坛、参与式平台等基于互联网的媒介收集用户主动或被动提供的数据。随着互联网、智能移动设备、可穿戴设备等的普及,数据采集的手段日趋多样,需构建完善的方法体系,指导感知数据的合理采集。首先,应结合社区规划的需要,构建系统性的方法框架。与城市研究不同,由于社区的空间尺度相对较小,更加需要高精度的时空行为数据。因此,除了常用于城市感知的手机信令、互联网大数据等,基于GPS的精确活动日志数据应是面向城市社区规划的参与式感知的核心感知方法。从感知内容上看,应重点获取居民行为活动、主观感受、环境感知、社交关系等方面的内容,以支撑社区规划相关的分析决策。其次,利用智能移动设备或可穿戴设备的感知数据采集需要居民的主动参与,如何设计感知任务,如收集感知数据的类型、时间、地点、收集者等都将影响感知数据收集的效率和结果。因此,需从感知数据采集的目的和过程出发,构建面向城市社区规划的参与式感知

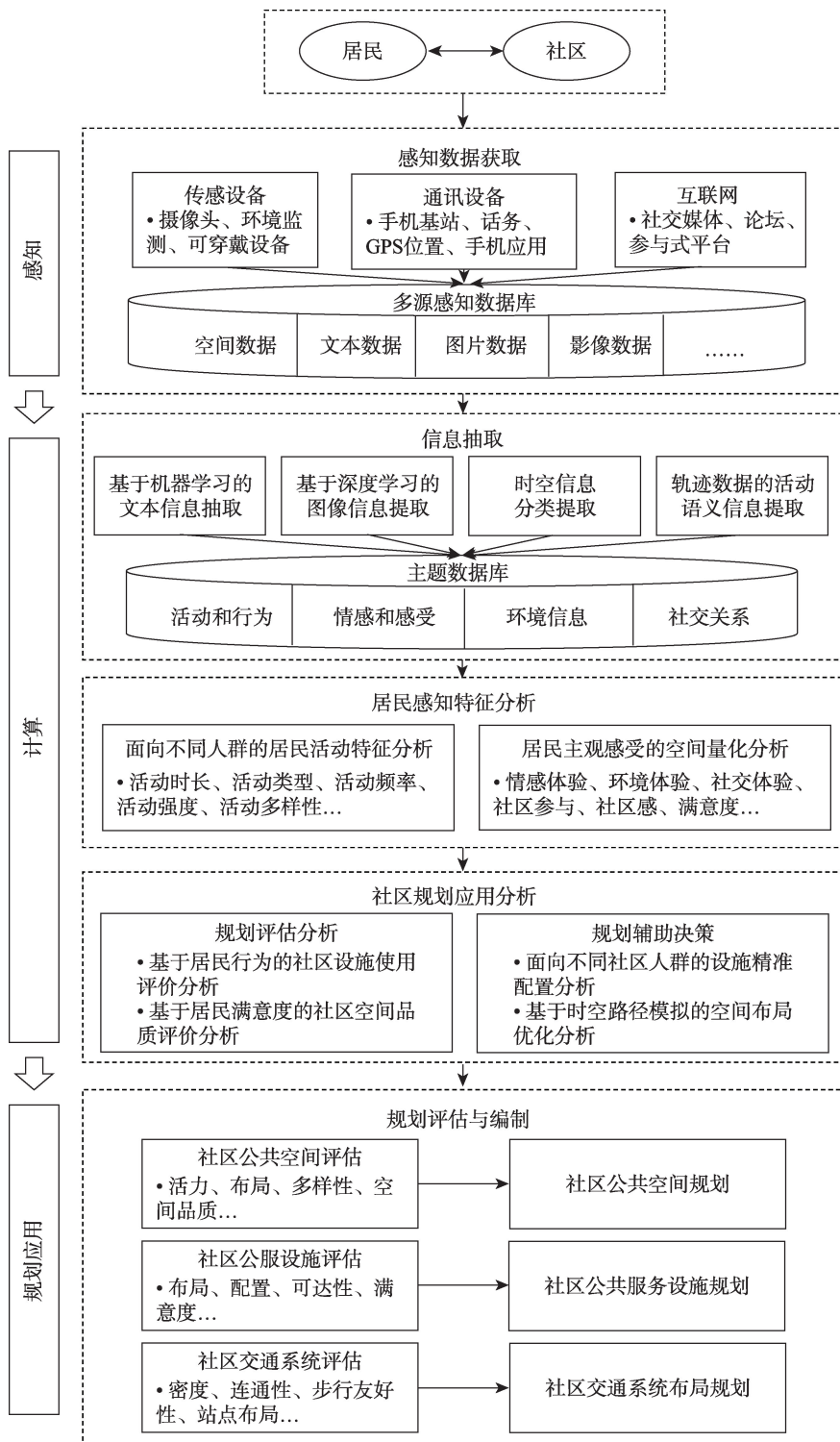


图2 面向城市社区规划的参与式感知与计算技术框架

Fig. 2 A technical framework of participatory sensing and computing for urban community planning

手段从网络媒介获取用户的主观感受、意见等信息。为及时获取和利用这些信息，需构建实时采集、处理被动式感知数据的技术方法框架。

3.2 面向城市社区规划的感知计算方法

参与式感知的计算框架是在汇集各类感知数据的基础上，对数据进行预处理，实现数据的结构化、规格化，并构建数据库对位置、文本、图片等各类感知数据进行存储、管理。进而，结合空间分析、机器学习、统计等方法，建立居民感知特征分析的计算模型，为城市社区规划应用提供分析基础和决策支撑。

3.2.1 感知信息抽取方法 对感知数据进行处理，从中抽取出可支撑规划分析的有效信息，是实现面向城市社区规划的参与式感知与计算的基础。对于城市大数据、新数据的研究目前虽已取得了很大进展，但对于感知数据的处理仍至少面临两方面的关键技术问题。第一，已有研究大多限于单一来源的感知数据。而单一维度的信息往往只能反应居民行为、感受等某一方面的特征，例如，利用手机信令等记录的居民活动数据只体现了居民活动的位置和轨迹，缺乏活动类型、居民感受等语义信息^[28]。对多源异构数据的融合仍是目前研究的一项难点，缺乏规范化的、可整合多源数据的模型和计算方法^[29,30]。虽有学者提出了利用计算机本体建模方法的解决思路，但仍需结合城市规划的具体需求和领域知识，构建完备的方法模型^[30,31]。第二，文本、图片等非结构化或半结构化的数据中包含丰富的与居民行为、感受等相关的信息，为理解居民共同诉求提供了基础，是感知数据的重要组成部分。但需对其进行语义分析、地址匹配、空间化等处理，形成量化的空间信息，进而用于城市社区规划的相关分析。目前计算机领域虽已形成了基于机器学习、深度学习、自然语言处理等分析方法，但对于情感和认知、社交关系等主观信息的地理空间表达方法仍有待进一步研究，需要结合相关心理学、社会学等理论，建立适合的空间表达模型^[32,33]。因此，应发展支持多源数据融合、对非结构化数据进行解析的方法和技术。图3结合计算机领域的技术和方法，提出了面向城市社区规划的感知数据融合和信息抽取的方法思路。

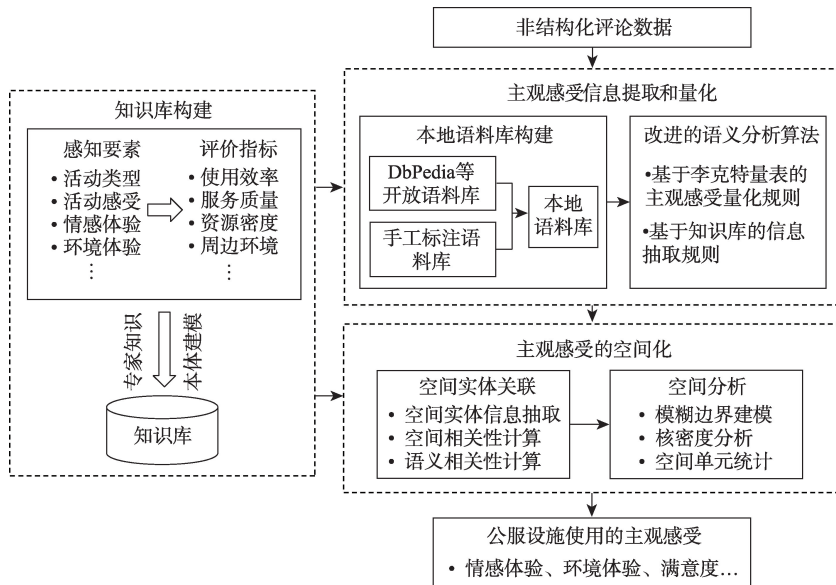


图3 居民主观感知信息的提取与空间量化的具体思路

Fig.3 A workflow of extracting and spatializing residents' subjective perception

首先,建立基于共享的领域知识、解决异构数据语义信息不匹配问题的知识表达概念模型是解决多源数据融合的一种可行路径^[31]。知识表达概念模型是明确定义了与分析内容相关的概念、实例及关系的层次化模型,其建立需经过确定模型的用途,界定模型描述的范围、术语收集、术语分类、概念定义、模型构建、测试和应用等步骤。知识表达概念模型的建立应从社区空间和设施的功能及评估内容入手,理清评价要素、构建社区分析评估的指标体系。例如,从空间和设施的功能来看,其具有承载居民休闲活动、健身活动、社交活动等功能;从空间的评价内容看,包括对其物质环境的评价,如空间质量、环境污染等,也包括居民主观认知的评价,如视野开阔程度、安静、拥挤等感受。然后,从活动和行为、情感和认知、环境信息和社会关系四个方面,厘清感知的内容和属性。例如,对活动和行为的感知包括活动的类型、时间、时长、范围等;情感和认知感知包括不同的情绪、对现状问题的描述等;环境信息的感知包括噪音、绿化程度、空气状况、空间开放程度等;社交关系感知包括人在空间的互动行为、互动关系等。最后,厘清感知要素和评价指标间的语义联系(例如,活动的数量和类型可反应的公共空间的活动功能,对环境信息的感知可反应公共空间的环境噪音、空间质量等)。在此基础上,明确知识表达概念模型的内容(如感知要素、评价指标、语义关系等),进而利用本体建模等工具,实现知识表达概念模型的构建、管理和维护。在知识表达概念模型构建的初期,需要发挥专家的主体作用,按照上述步骤,对城市社区规划的知识概念模型进行定义。但随着知识的不断扩充,应逐步地走向半自动或自动化,研究从领域文献、规划文本中实现知识的自动化关联方法,实现知识表达模型的自动化生成和更新。

其次,基于知识概念模型,可进一步发展和优化面向非结构化数据(如文本和图片)的信息提取和量化方法。以非结构化文本数据为例,首先,基于感知要素的内容,构建开放语料库和手工标注语料库相结合的本地语料库。其次,结合城市社区规划的具体需求,对已有机器学习和自然语言处理方法进行改进,利用李克特量表,结合本地语料库,对评论数据里表达的主观感受进行分类和分级量化;利用知识库定义的语义联系,制定文本信息抽取规则,提取与社区设施、服务、环境等相关的主观感受信息。同时,空间和布局是规划重点关注的对象,因此,需将没有明确位置属性的感知信息进行空间化表达,通过上下文情境推理出其位置信息(图3)。例如,一段网络评论文本可能用“xx地附近”描述了与该评论相关的地点。将“xx地附近”解译成地理坐标,需要根据评论的内容,对描述地附近的POI进行地点共现分析,再结合知识表达模型,利用语义相似度方法分析出感知信息可能对应的实际位置。

3.2.2 居民感知特征分析方法 从时空的视角分析社区居民的日常生活特征是剖析社区生活空间、辅助社区规划决策的基础。针对不同社区、不同群体日常活动特征存在较大差异这一特点,应利用高精度GPS轨迹数据对不同群体的活动特征进行分析。首先,应利用多源数据,从多维度对个体和群体的行为活动特征进行分析、测度。结合活动空间分析法,可对个体活动空间的外部形态特征(如活动空间的形态和大小等)以及其内部结构(如活动的规律性/随机性、活动频率)进行测度。在个体指标测度的基础上,可进一步利用累计概率分布函数、时空异质性分析等方法,对群体活动特征的规律性、随机性和时空异质性等进行分析。其次,在个体实际活动轨迹和生活性活动空间的基础上,结合社区道路的实际情况,划定社区生活圈的范围。其中,应重点考虑不同群体的移动性(如老年人和儿童的步行速度可能低于青年人;残疾人的移动性可能不同于普通人)和行为特征,根据不同群体中人们实际的活动范围和活动能力,划定其生活圈范围。最后,结合POI数据,获取社区公共空间和设施的布局位置,结合GPS数据,分析不同社区和人群对社区空间和设施等的使用情况,包括使用频率、强度、时间,设施间的关联度等。在此基础上,结合调查社区的特征以及社区内人群的特征,构建“社区-人群-行

为-空间利用”的映射关系（图4）。在此基础上，结合社会经济数据，可对不同社区居民的时空需求进行刻画，为社区设施和服务的精准化配置提供基础。

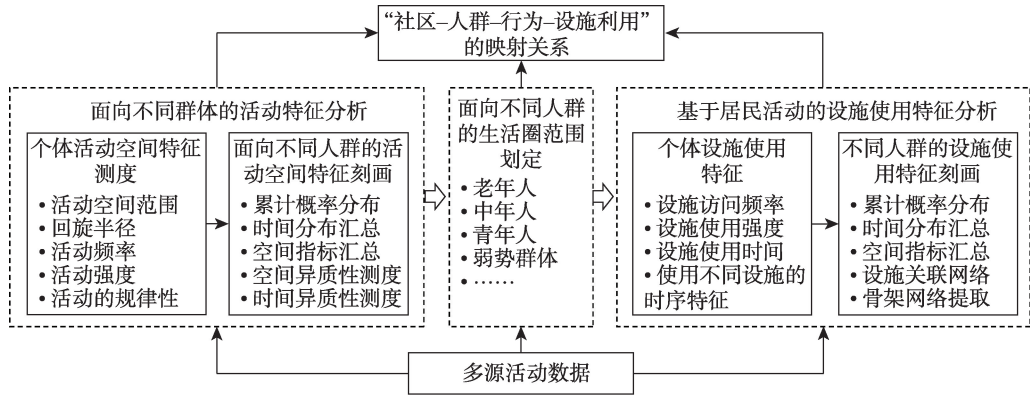


图4 基于不同群体行为活动的空间利用情况分析具体思路

Fig. 4 A workflow of analyzing the use of urban space by different population groups

感知社区居民的情感、认知、生理信息等主观感受可用于分析人的场所体验，对社区空间品质、服务质量等做出评价，找出亟待改善的重点问题和区域，进而辅助社区空间的评估和优化提升^[36,37]。因此，应在社区居民活动特征分析的基础上，进一步结合文字、图片、生理信息（如压力、心跳等）等数据，对社区居民的主观感受进行量化分析。在信息抽取的基础上，对于空间量化的主观感知信息，从情感体验、社交体验、环境体验等方面，结合社区规划的评估指标体系，对社区居民在社区活动的主观感受进行综合分析。

3.3 参与式感知与计算的城市社区规划应用

参与式感知与计算为支撑社区规划的评估和编制提供了决策辅助支撑（图5）。在社区规划评估方面，在对于居民的实际活动和空间利用情况以及居民满意度等分析的基础上，结合社区设施、服务等供给现状和社区人群结构组成，从供给平衡、服务效率、主观满意度、社会公平等角度对社区设施、服务等现状进行综合评估。首先，基于社区设

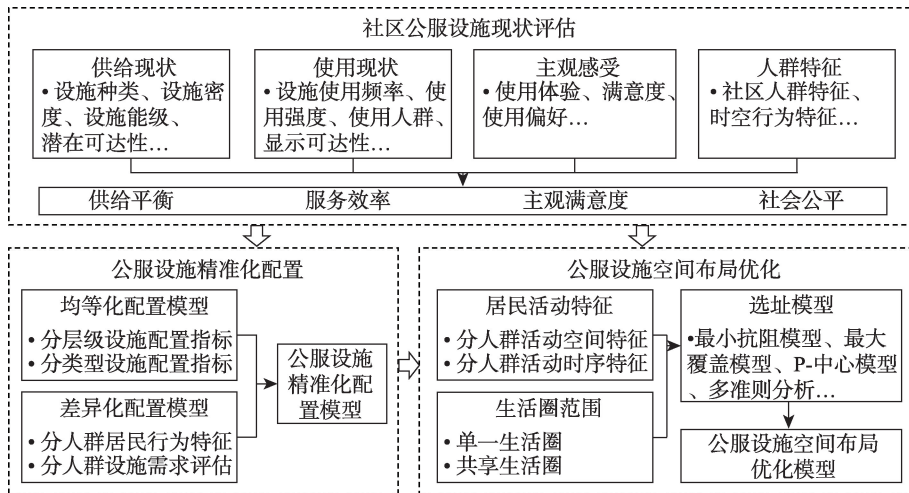


图5 社区规划应用具体思路

Fig. 5 A workflow of urban community planning application

施和服务的空间分布、服务规模,结合社区居民的实际活动空间和道路等基础设施,从供需耦合的视角,发展对社区公服社区供需匹配状况、服务效率进行评价的方法。其次,根据居民使用设施的主观体验,结合社区规划评估指标体系,评价居民对社区设施、服务等的主观满意度,挖掘社区存在的问题。最后,基于社区人群的构成,结合各类人群的行为特征,从社会公平的角度对社区规划的现状做出评价。

在辅助规划编制方面,在传统的均等化社区设施配置模型(如“千人指标”)的基础上,引入基于社区居民行为特征的差异化社区设施配置模型,构建顾及不同群体需求和行为特征的精准化设施配置模型。其中,应重点考虑如何根据社区居民的构成比例,结合模糊逻辑、多准则分析等方法,综合考虑不同群体对社区设施、服务的差异化需求和不同群体的行为特征(如活动空间大小、实际活动范围等),提出面向不同层级、不同类型社区设施、服务的精准化配置模型。同时,在社区设施、服务等现状评估和配置基础上,通过引入社区居民的活动特征和使用不同类型社区设施和服务的时序规律,对传统的最小抗阻模型、 p -中心模型等优化选址模型等进行优化改进,构建顾及居民行为时空特征和实际活动范围的社区设施空间布局优化模型,对社区设施布局进行优化调整,为社区规划编制提供科学依据。

4 讨论

广泛的公众参与为实现群体智慧提供了可能,更加全面的、多维度的数据采集和综合分析也是实现社区公共服务的精细化、公共服务均等化和提高资源配置效率等的前提,对进一步促进中国社区规划的智慧化建设具有重要意义,是实现城市社区人本化、信息化、智慧化的重要基础。目前,参与式感知在社区规划的应用虽已起步,但对其技术方法、实现路径和应用模式的探讨亟待深入。本文构建了参与式感知与计算的概念模型,认为参与式感知本质上是一种数据驱动的参与,可拓展传统的公众参与方式。通过对感知数据进行分析、计算,将其转化为对居民行为和需求的系统性认识,可辅助支撑城市社区规划的科学决策和管理。进而,本文构建了面向城市社区规划的参与式感知与计算技术框架,从感知、计算和规划应用三个方面梳理了参与式感知与计算所面临的关键技术方法问题,针对多源数据融合、空间量化表达、居民感知特征分析及社区规划应用分析等关键问题,提出了具体研究内容和思路,以指导未来方法研究的进一步深入。

本文提出的概念模型和技术框架为参与式感知与计算在城市社区规划的应用提供了理论和方法基础。在未来,应进一步展开社区规划的参与式感知与计算应用研究,包括:

(1) 社区规划智能辅助支持和应用研究。参与式感知与计算可精细、全面地感知社区居民的行为和需求,有助于全面分析社区居民的行为与时空间交互规律,可为“社区生活圈”的划定和评估、基于生活圈理念的社区空间布局优化提供数据和方法基础,为践行“社区生活圈”理念提供有效支撑。

(2) 社区问题动态监测、分析应用研究。通过对居民感知数据进行实时感知与挖掘,可对居民的主观感受进行动态监测,及时发现社区居民共同关心的环境、服务、安全等社区问题,辅助社区问题诊断。

(3) 提供精细化社区服务、营造人本化社区空间。根据社区中不同群体的行为和需求,可有针对性地定制、优化社区服务,设计社区空间。例如,通过参与式感知分析老年人或儿童的需求偏好,可有针对性地改善社区微空间,提供满足特殊群体需求的服务等。

参与式感知与计算虽为社区规划决策带来新思路和新方法,但其应用仍面临挑战,

具体表现在:

(1) 泛在的感知数据采集可能会带来触及用户隐私、知识产权等伦理、管理问题。目前, 各类软、硬件感知设备虽已得到了广泛应用, 但对于感知数据的管理、脱敏处理、用户隐私保护等问题仍缺乏相应的规定和标准。

(2) 不同用户对于感知设备的使用存在差异, 导致不同感知手段获取的样本会存在一定程度的偏差。一方面, 应进一步探讨激励更多用户持续参与感知数据采集(如通过app等自愿提供行为和轨迹数据)的机制; 另一方面, 应进一步发展融合多源数据、解决单一数据样本的样本偏差问题。

(3) 参与式感知与计算需要较为强大的计算能力作为支撑, 其推广应用不仅对软硬件设备有较高要求, 也需要具备相关计算机知识的专业人才。参与式感知与计算的推广与应用需进一步关注上述问题, 完善参与式感知的机制与方法研究, 健全相应的管理和保障机制。

致谢: 真诚感谢二位匿名评审专家对本文提出的宝贵意见。

参考文献(References)

- [1] 农昉, 周素红. 基于个体需求的社区规划编制和实施体系的构建. 规划师, 2012, 28(1): 12-17. [Nong Yun, Zhou Suhong. Community planning and system based on individual requirement. Planners, 2012, 28(1): 12-17.]
- [2] 杨贵庆, 房佳琳, 何江夏. 改革开放40年社区规划的兴起和发展. 城市规划学刊, 2018, (6): 29-36. [Yang Guiqing, Fang Jialin, He Jiangxia. The rise and development of China's community planning in the past 40 years since the reform and open up. Urban Planning Forum, 2018, (6): 29-36.]
- [3] 袁媛, 柳叶, 林静. 国外社区规划近十五年研究进展: 基于Citespace软件的可视化分析. 上海城市规划, 2015, (4): 26-33. [Yuan Yuan, Liu Ye, Lin Jing. Review on community planning research of foreign countries in the past 15 years: A visualized analysis based on Citespace software. Shanghai City Planning, 2015, (4): 26-33.]
- [4] 赵蔚, 赵民. 从居住区规划到社区规划. 城市规划汇刊, 2002, (6): 68-71. [Zhao Wei, Zhao Min. Residential planning or community planning. Urban Planning Review, 2002, (6): 68-71.]
- [5] 过甦茜. 面向问题和需求的上海社区规划编制方法和实施机制探索. 上海城市规划, 2017, (2): 39-45. [Guo Suqian. Community planning and management in shanghai based on problems and requirements. Shanghai City Planning, 2017, (2): 39-45.]
- [6] Zhen Feng, Qin Xiao, Jiang Yupei, et al. Effects of community ICT usage on community satisfaction: Case study in Nanjing, China. Chinese Geographical Science, 2019, 29(5): 834-847.
- [7] Sieber R E, Robinson P J, Johnson P A, et al. Doing public participation on the geospatial Web. Annals of the American Association of Geographers, 2016, 106(5): 1030-1046.
- [8] Crooks A, Pfoser D, Jenkins A, et al. Crowdsourcing urban form and function. International Journal of Geographical Information Science, 2015, 5(29): 720-741.
- [9] 刘瑜. 社会感知视角下的若干人文地理学基本问题再思考. 地理学报, 2016, 71(4): 564-575. [Liu Yu. Revisiting several basic geographical concepts: A social sensing perspective. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(4): 564-575.]
- [10] 杨俊宴. 城市大数据在规划设计中的应用范式: 从数据分维到CIM平台. 北京规划建设, 2017, (6): 15-20. [Yang Junyan. The paradigm of applying urban big data in planning and design: From data dimension to CIM platform. Beijing Planning and Construction, 2017, (6): 15-20.]
- [11] 甄峰, 秦萧. 大数据在智慧城市研究与规划中的应用. 国际城市规划, 2014, 29(6): 44-50. [Zhen Feng, Qin Xiao. The application of big data in smart city research and planning. Urban Planning International, 2014, 29(6): 44-50.]
- [12] 王英姿, 顾朝林. “群体智慧”引入历史地段规划的进展. 城市规划学刊, 2016, (4): 82-86. [Wang Yingzi, Gu Chaolin. The progress of historical area planning based on collective intelligence. City Planning Forum, 2016, (4): 82-86.]
- [13] 柴彦威, 李春江. 城市生活圈规划: 从研究到实践. 城市规划, 2019, 43(5): 9-16. [Chai Yanwei, Li Chunjiang. Urban life cycle planning: From research to practice. City Planning Review, 2019, 43(5): 9-16.]
- [14] 申悦, 柴彦威, 马修军. 人本导向的智慧社区的概念模式与架构. 现代城市研究, 2014, (10): 13-17. [Shen Yue, Chai Yanwei, Ma Xiujun. Concept, model and framework of human-oriented smart community. Modern Urban Research,

- 2014, (10): 13-17.]
- [15] Burke J, Estrin D, Hansen M, et al. Participatory sensing. In: World Sensor Web Workshop, ACM Sensys. Boulder, Colorado: ACM, 2006.
- [16] Eisenman S B. The BikeNet Mobile Sensing System for Cyclist Experience Mapping. In: SenSys' 07. Sydney: ACM, 2007.
- [17] Chon Y, Lane N D, Fan L, et al. Automatically Characterizing Places with Opportunistic Crowdsensing Using Smartphones. In: UbiComp' 12. Pittsburgh: ACM, 2012.
- [18] Ganti R K, Ye F, Lei H. Mobile crowd sensing: Current state and future challenges. *IEEE Communications Magazine*, 2011, 49(11): 32-39.
- [19] Philipp D, Stachowiak J, Alt P, et al. DrOPS: Model-driven optimization for public sensing systems, In: IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom). San Diego, CA, 2013: 185-192.
- [20] Bright J, Margetts H. Big data and public policy: Can it succeed where e-participation has failed. *Policy and Internet*, 2016, 3(8): 218-224.
- [21] Zhang S. Public participation in the Geoweb era: Defining a typology for geo-participation in local governments. *Cities*, 2019, 85: 38-50.
- [22] Tenney M, Sieber R. Data-driven participation: Algorithms, cities, citizens, and corporate control. *Urban Planning*, 2016, 1(2): 101-113.
- [23] 王波, 卢佩莹, 甄峰. 智慧社会下的城市地理学研究: 基于居民活动的视角. *地理研究*, 2018, 37(10): 2075-2086. [Wang Bo, Lu Peiying, Zhen Feng. Urban geography research in the e-society: A perspective from human activity. *Geographical Research*, 2018, 37(10): 2075-2086.]
- [24] 张希煜, 茅明睿, 邢晓旭, 等. “厚数据+大数据”激活老旧社区公共生活: 以北京鸭子桥社区为例. *北京规划建设*, 2018, (5): 4-10. [Zhang Xiyu, Mao Mingrui, Xing Xiaoxu, et al. “Thick Data + Big Data” Activates old community public life: Taking Beijing Duck Bridge Community as an example. *Beijing Planning and Construction*, 2018, (5): 4-10.]
- [25] Luo T, Tham C K. Fairness and social welfare in incentivizing participatory sensing. In: 2012 9th Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks (SECON). Seoul, 2012: 425-433.
- [26] Corradi A, Curatola G, Foschini L, et al. Smartphones as smart cities sensors: MCS scheduling in the ParticipAct project. In: 2015 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC). Larnaca, 2015: 222-228.
- [27] Fast V, Rinner C. Toward a participatory VGI methodology: Crowdsourcing information on regional food assets. *International Journal of Geographical Information Science*, 2018, 32(11): 2209-2224.
- [28] Tu W, Cao J, Yue Y, et al. Coupling mobile phone and social media data: A new approach to understanding urban functions and diurnal patterns. *International Journal of Geographical Information Science*, 2017, 31(12): 2331-2358.
- [29] Calafiore A. Designing an ontology of social place. *CEUR Workshop Proceedings*, 2016, 1767: 23-27.
- [30] Calafiore A, Guarino N, Boella G, et al. Urban artefacts and their social roles: Towards an ontology of social practices. *COSIT proceedings*, 2017, 86(6): 1-6.
- [31] Chen Y, Sabri S, Rajabifard A, et al. An ontology-based spatial data harmonisation for urban analytics. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2018, 72: 177-190.
- [32] Acedo A, Painho M, Casteleyn S. Place and city: Operationalizing sense of place and social capital in the urban context. *Transactions in GIS*, 2017, 21(3): 503-520.
- [33] Blaschke T, Merschdorf H, Cabrera-Barona P, et al. Place versus space: From points, lines and polygons in gis to place-based representations reflecting language and culture. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2018, 7(11): 452.
- [34] 柴彦威, 李春江, 夏万渠, 等. 城市社区生活圈划定模型: 以北京市清河街道为例. *城市发展研究*, 2019, 26(9): 1-8. [Chai Yanwei, Li Chunjiang, Xia Wanqu, et al. Study on the delineation model of urban community life circle: Based on Qinghe district in Haidian district, Beijing. *Urban Development Studies*, 2019, 26(9): 1-8.]
- [35] 李颖, 颜婷, 曾艺元, 等. 行为量化分析视角下的公共服务设施有效使用评估研究. *规划师*, 2019, 35(2): 66-72. [Li Ying, Yan Ting, Ceng Yiyuan, et al. Assessment system for effective use of public service facilities based on quantified behavior analysis. *Planners*, 2019, 35(2): 66-72.]
- [36] Bielik M, Schneider S, Kuliga S, et al. Examining trade-offs between social, psychological, and energy potential of urban form. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2019, 8(2).
- [37] Dunkel A. Visualizing the perceived environment using crowdsourced photo geodata. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 142: 173-186.

The conceptual model and technical framework of participatory sensing and computing for urban community planning

ZHANG Shanqi^{1,2}, ZHEN Feng^{1,2}, QIN Xiao^{1,2}, TANG Jia^{1,2}

(1. School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Provincial Engineering Laboratory of Smart City Design Simulation & Visualization, Nanjing 210093, China)

Abstract: Against the backdrop of rapid urbanization in China, enhancing public participation at the community level has become an important national strategy. It is necessary for planners to deploy new approaches to understand public needs and to identify common issues or areas within the community in a timely manner. Participatory sensing, which builds upon the widespread information sharing using the Internet and mobile technology, has provided new opportunities for planners to sense and analyze public sentiment, human mobility patterns and surrounding environments at better spatiotemporal resolutions. This opportunity has gained considerable attention from research community and has spurred a range of studies on topics such as emerging public participation paradigm and urban computing. However, current studies have not systematically investigated the mechanisms and common approaches of implementing participatory sensing in the context of urban community planning. This paper bridges this research gap by proposing a conceptual framework for studying participatory sensing in the community planning context, and by developing a technological framework for processing, integrating and analyzing multi-sourced human sensory data. Particularly, the conceptual framework builds upon the theories of public participation, the principles of participatory sensing, and the inter-relationships among residents, urban communities and urban community planning. A technical framework that synthesizes sensing, computing and application is further proposed. Specifically, sensing refers to collecting various data about how residents use and perceive urban community space; computing refers to extracting useful knowledge regarding human activities and perceptions, individual's biological information and environments from raw sensed data; application refers to analyzing extracted knowledge for supporting community planning compilation and decision-making. Based on the framework, the workflows of extracting and spatializing residents' subjective perception, analyzing how different population groups use urban community space, and apply participatory sensing and computing for urban community planning compilation and decision-making are further suggested. The proposed workflows build upon multi-disciplinary methods and aim to shed light on further developments of relevant methods and techniques for utilizing multi-sourced data that support urban community planning. Overall, this study will contribute to the methodological developments of applying participatory sensing for urban community planning. It will also shed light on future developments of new practical approaches for enhancing public participation, and for supporting rational planning evaluation and decision-making in urban communities.

Keywords: urban community planning; participatory sensing; urban computing; public participation