引文格式：王守芬,王安迪,吴张峰. GIS在城市无障碍设施管理服务数字化转型中的应用[J]. 地理空间信息, 2023, 21(12): 35-39. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2023.12.007

GIS在城市无障碍设施管理服务数字化转型中的应用

王守芬[1,2]，王安迪[1,2]，吴张峰[1,2]
（1. 上海市测绘院，上海 200063；2. 自然资源部超大城市自然资源时空大数据分析应用重点实验室，上海 200063）

摘　要：无障碍设施的建设、管理和服务能力体现了城市对残疾人、老人、婴幼儿等特殊人群的人文关怀，是城市文明的标尺，也是一座城市现代化、国际化、精细化、人性化的标志。数据显示，上海有近554万老年人和近60万残障人士，对于这个庞大的群体来说，无障碍设施是出门的刚需。尽管相关部门一直在推动无障碍环境的建设，但随着残疾人就业、康复、社会保障等各项工作的展开，管理工作中也逐渐显现出一些力不从心的问题，如无障碍设施的数据准确性、现势性不高，位置信息不精确导致在实际生活和应用中很难被找到和有效使用等。随着上海全面推进数字化转型，利用数字化手段提升城市无障碍设施的管理和服务水平也提上日程，为应对数字化转型，探索了无障碍设施数据体系空间化、无障碍设施空间化管理能力建设等GIS赋能城市无障碍设施管理与服务的若干方法，并以上海为例对这些方法进行了应用实例的验证，旨在为无障碍需求者提供更加便捷的城市生活，使其与其他市民共享社会发展成果。

关键词：无障碍设施管理；数字化转型；GIS
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）12-0035-05

Application of GIS in the Digital Transformation of Urban Barrier-free Facilities Management Services

WANG Shoufen[1,2], WANG Andi[1,2], WU Zhangfeng[1,2]
(1. Shanghai Surveying and Mapping Institute, Shanghai 200063, China;
2. Key Laboratory of Spatial-temporal Big Data Analysis and Application of Natural Resources in Megacities, Ministry of Natural Resources, Shanghai 200063, China)

Abstract: The construction, management and service capabilities of barrier-free facilities reflect the urban humanistic care for the disabled, the elderly, infants and other special groups, which are the yardstick of urban civilization and the symbol of a city's modernization, internationalization, refinement and humanization. Statistics show that there are nearly 5.54 million elderly people and nearly 600 000 disabled people in Shanghai. For this huge group, barrier-free facilities are a must to go out. Although relevant departments have been promoting the construction of a barrier-free environment, with the development of various tasks such as employment, rehabilitation, and social security for the disabled, some problems have gradually emerged in the management work, such as the inaccuracy of barrier-free facilities data and the inaccurate location information which makes it difficult to be found and effectively used in real life and applications. With the comprehensive promotion of digital transformation in Shanghai, the use of digital means to improve the management and service level of urban barrier-free facilities is also on the agenda. In this paper, in response to digital transformation, we explored some methods of GIS empowering the management and service of barrier-free facilities in megacities such as the data systemspatialization and the construction of spatial management capabilities of barrier-free facilities. We took Shanghai as an example to verify the application of these methods, and aimed to provide a more convenient urban life for people with barrier-free needs, so that they could share social development outcomes with other citizens.

Key words: barrier-free facilities management, digital transformation, GIS

2023年3月1日《上海市无障碍环境建设条例》颁布实施，这是上海践行人民城市理念，打造卓越的全球城市的重要实践。条例明确将无障碍信息交流纳入城市数字化转型专项规划，同时，提出完善无障碍社会服务，保障服务可及提质，鼓励、支持无障碍信息平台建设，推动线上线下服务融合。近年来，上海市残联的残疾人保障业务范围迅速扩大，业务量和复杂程度提高，一些传统的手工业务管理方式已不能满足相关工作进一步开展的要求。随着数字化转型的深入，大数据、云计算、虚拟化和GIS集成等新一代信息技术的发展也为城

收稿日期：2023-07-24。
项目来源：上海市2021年度社会发展科技攻关项目（21DZ1204100）。
第一作者简介：王守芬（1990—），硕士，工程师，研究方向为测绘地理信息应用，E-mail：wangshoufen12@163.com。

市无障碍设施管理服务提供了更多的可能性和新思路[1]。

本文针对当前数字化转型背景下城市无障碍环境建设中的问题和需求，探索GIS赋能无障碍设施管理的普适性方法，并以上海为例进行应用验证，集中解决当前无障碍设施管理服务工作中的数据质量、数据标准、数据定位、数据展示、数据更新和数据使用的问题。通过对现有数据的整理和研究，建立统一的数据标准，利用GIS技术进行无障碍专题数据的汇集、加工、组织，建立无障碍设施管理服务平台，创新无障碍专题数据的表现形式和管理方式，实现无障碍专题数据的共享和量化、可视的多样空间分析，为无障碍需求者出行提供必要的辅助决策，也为管理工作中的规划决策提供支撑[2-3]。

1 无障碍设施数字化管理关键技术方法

1.1 基于地名地址匹配技术的无障碍设施数据体系空间化建设

无障碍设施数据来源各异，且多缺少空间位置，数据的空间化建设是后续数据管理和展示的基础。地名地址匹配技术是实现非空间数据空间化的关键。本文所采用的地名地址匹配技术的实现算法，首先是空间参考坐标系统，用于确定匹配的数据赋予何种空间坐标；其次是地名地址匹配层级模型，它是地名表述的抽象数据模型，是进行地址拆分和地址标准化的基础；第三是地址匹配规则，即标准化的地址数据与地理编码数据库进行匹配时的验证规则。通过此3个条件，来保证地址匹配准确率和精度。本文通过地名地址批量编码匹配工具结合内业人工纠偏、外业实地核查采集以及数据质检，建立了无障碍设施数据体系的空间化建设技术方法流程。

1.2 基于时空数字底座的无障碍专题查询与空间可视化

本文利用GIS的空间和属性查询能力建立各类无障碍设施要素的空间查询和专题属性查询。空间查询是通过空间范围查询无障碍专题要素的详细属性信息和空间位置，支持点选、框选、自定义范围选择等确定查询范围。属性查询是根据应用分析需要进行无障碍专题要素属性信息的多条件查询检索功能，如按照区县、名称、设施类型、地址等多种不同条件实现无障碍专题信息的查询及空间定位，掌握具体行政区划内若干类无障碍设施资源情况。无障碍专题数据的展示、共享和应用是数据建设的最终目的，数据的空间可视化技术能够有效提高数据展示形式的直观性和丰富性。无障碍专题数据类别丰富，数量众多，在小比例尺下显示，许多点会叠加在一起，从而影响数据的展示。本文采用空间聚合技术，针对不同类别的数据分别进行空间聚合。通过热力图的渲染方式，直观地展示各区县、街道的残疾人员比例高低情况，丰富数据的展现形式。

1.3 基于语义&空间双重聚合的无障碍数据空间分析技术

本文基于语义与空间位置双重聚合技术建设无障碍专题数据的空间统计分析能力。语义聚合是指根据数据的属性进行聚合，例如类型等。空间聚合则是根据数据的空间位置将位置相近的要素进行融合获得代表性、统计性的信息。利用MapReduce技术，进行分布式并行计算，快速获取所需的统计成果，并以饼状图、柱状图、时空立方体、等值线等统计图表的形式展示，为无障碍设施建设和管理工作提供有效的技术手段。在此基础上，基于缓冲区分析、空间叠加分析、网络分析等方法对无障碍专题数据进行空间分析，可用于辅助残疾人事业建设中的规划决策[4]。通过残障人口分布与无障碍设施分布叠加分析，可以正确地判断当前相关设施分布的合理性，指导后续无障碍设施布设。例如对盲人有声读物阅览室与视力残疾人口分布分析可以用于指导阅览室的选址规划；对肢残群体居住楼层信息与无障碍电梯的叠加分析可以了解无障碍可达性的建设情况，叠合残疾人器具（如爬楼机）租赁点空间分析展示可以指导租赁点的布设；通过缓冲区分析，纳入企业招聘及就业信息可以展示和推送周边一定范围内的残疾人招聘岗位，为残疾人就业提供帮助和支持；通过路径网络分析，综合路网和坡道数据，可以建立无障碍导航功能，为残疾人出行提供便利等等。这些都是残疾人管理工作中密切关注又亟需解决的问题。

1.4 高内聚低耦合的无障碍数字化工作流接入模式

本文通过梳理无障碍专题管理需求，建立和接入无障碍专题工作流，实现了无障碍专题数据的在线编辑、维护、审核、共享等一体化管理，有效保证了数据的现势性和准确性。各模块内部与无障碍管理业务紧密结合，模块之间低耦合，这样能提高复用性和稳定性。本文利用空间数据在线编辑技术，维护人员可在Web端编辑各专题数据的空间及属性信息，提交在线新增、删除、修改等操作申请，审核人员可在线查看和审批维护人员提交的数据操作申请，从而完成数据的在线更新维护工作。在线编辑功能通过简洁的界面，流程化的操作，极大地提高维护及审核的工作效率。

1.5 基于众包运营的无障碍信息更新服务模式

《上海市无障碍环境建设条例》提出促进社会共治，营造无障碍友好环境。通过互联网向公众用户提供无障碍信息公众服务，应用空间可视化手段直观展

现多种无障碍专题要素，为广大用户提供便利的查询、检索、辅助管理服务，切实保障无障碍需求者的人身安全和出行便利。同时，数据的使用者也可以成为数据的提供者和维护者，将无障碍专题管理工作流中的数据更新维护功能部分开放，对于数据使用过程中发现的无障碍设施位置不精确、属性信息错误、设施拆除地图未更新等问题及时上报，让大众广泛参与无障碍专题数据的更新维护，形成无障碍数据的众包运营维护机制，能够有效的缩短数据更新周期，保障数据鲜活性[5]。同时，对于加快推进无障碍环境建设，让无障碍设施真正“有爱无碍”也具有重要意义。

1.6　基于无障碍专题路网的无障碍导航

针对无障碍需求人群，建设无障碍专题路网数据体系。在此基础之上基于常用的路径规划算法例如迪杰斯特拉算法（Dijkstra）进行路径规划，优先规划无障碍斜坡、无障碍电梯等路线，并配备语音导航，服务无障碍需求人群出行。

2　应用实例—以上海为例

依托于上海市丰富的基础地理信息资源和无障碍专题数据，利用上述关键技术和方法，采用先进的云计算软硬件架构，在建设无障碍数据服务体系基础上，推进无障碍管理应用的数字化转型，建立无障碍设施专题管理系统，服务市区两级残联机构和无障碍需求人士，取得了良好的运行成效。

2.1　基于云计算环境的分布式系统架构设计

系统基于云计算技术平台软硬件环境进行建设，充分发挥云计算技术对于软硬件资源管理的伸缩能力，系统运行稳定，服务响应迅速，自运行以来可同时满足市级及各区级残联机构业务管理需求和无障碍需求人士日常使用。系统的总体框架采用目前主流的分布式SOA架构方案，按照分层设计的原则，从下至上分为基础设施层、数据层、服务层和应用层，系统逻辑架构如图1所示。

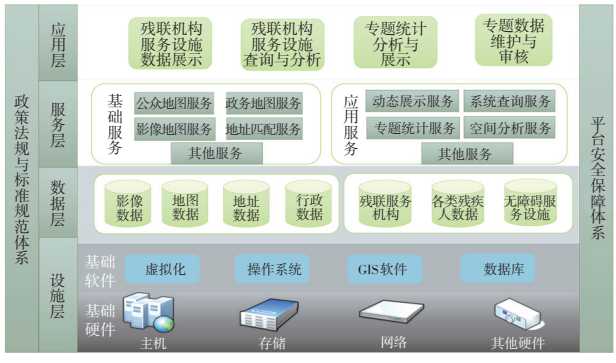


图1　系统总体框架

1）基础设施层主要提供平台运行所需的基础硬件和软件资源环境，是平台稳定运行的基础。包括网络、服务器设备、存储设备及其他硬件在内的硬件设备以及虚拟化、操作系统、GIS服务发布软件和数据库在内的软件，空间数据的管理采用ArcGIS SDE技术进行访问和管理。

2）数据层是平台的信息资源核心，包含基础空间数据库和业务专题数据库。基础空间地理信息数据、残联服务机构及无障碍服务设施等业务专题数据在统一的数据标准与技术规范下，由平台对外发布。

3）服务层包含用户管理、数据管理等基本功能服务，完成地图服务的配置、统计分析等功能服务的发布，是平台运行的技术核心。

4）应用层完成业务服务层与用户的交互，建立上海市残联机构及无障碍设施功能应用。该层是在服务层的基础上建立地图操作及用户所需的专题数据浏览、查询、统计、分析以及数据更新维护、数据审核等专业功能。

2.2　无障碍设施管理系统数据体系建设

无障碍设施管理系统数据体系建设主要包含3部分：残联服务机构、各类别残疾人专题数据和无障碍服务设施数据。残疾服务机构数据包括全市各级残疾人联合会、阳光之家、阳光基地、阳光心园、康复中心、康复服务站、辅助器具服务社、残疾人机动轮椅车维修中心、就业服务机构9类数据，对9类表格数据进行空间匹配定位处理。残疾人专题数据包括各区县、各街道1~4级视力、听力、言语、智力、肢体、精神和多重7类残疾人占户籍人口比例，对数据进行空间化处理。无障碍服务设施数据包括综合医院、特色专科医院、医院门诊部、社区卫生服务中心、社区事务受理中心、残车加油站、无障碍电影院、无障碍环境建设示范银行、盲人有声读物阅览室、商场无障碍电梯及无障碍厕所、地铁站无障碍电梯及无障碍厕所、全市坡道、全市环卫公厕（包含无障碍厕位信息），对该部分数据进行采集和空间定位处理。

通过对以上不同来源、不同格式的专题数据进行收集、分析、加工、组织、建库和入库校验工作，形成了城市无障碍服务专题数据库。数据命名和编码规则以国家相应标准为参考，遵循通用、统一、标准、科学、共享原则。数据库结构在设计上确保具有充裕的服务能力，为可预计的业务提供足够的容量，同时兼顾未来的发展，以科学性、一致性、完整性和稳定性、可扩展性为标准。

2.3 无障碍设施管理系统服务体系建设

系统服务体系主要包括地理信息公共服务、无障碍专题数据服务、系统业务功能服务三部分。地理信息公共服务主要包括政务地图、公众地图、影像地图等基础底图服务及地名地址查询服务，由上海市地理信息公共服务平台提供。无障碍专题数据服务主要包括系统所涉及的残联服务机构，残疾人专题及无障碍服务设施50多个图层，通过ArcGIS软件，连接无障碍专题数据库，进行数据源、比例尺及地图符号化等设置，分别发布和建立空间动态服务和空间要素服务。业务功能服务主要是围绕无障碍专题查询、统计、可视化、空间分析应用、信息维护审核工作流等业务功能的支撑服务。基于SOA架构，实现与具体业务实现解耦，增加服务模块的复用性与扩展性。

2.4 数字化应用系统

以无障碍专题数据库为数据基础，综合地理信息公共服务、无障碍专题数据服务、业务功能服务及管理信息，建立上海市残联服务机构及无障碍设施管理系统[6-7]。系统以Web服务为依托，实现无障碍专题信息的在线展示、浏览、查询、检索、更新、审核和统计分析等功能，具体功能如图2所示。

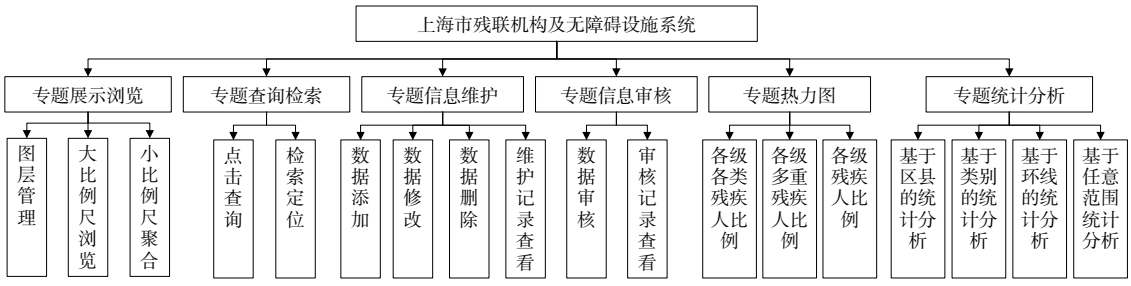


图2 系统功能设计

1）无障碍专题展示浏览（图3）。在基础地理地图上，对专题图层中进行分层、分要素显示。系统通过相应的图标展示不同区域、不同类别数据的空间分布，便于用户直观了解全市无障碍专题数据的分布情况。系统采用了空间聚合技术展示无障碍专题要素。

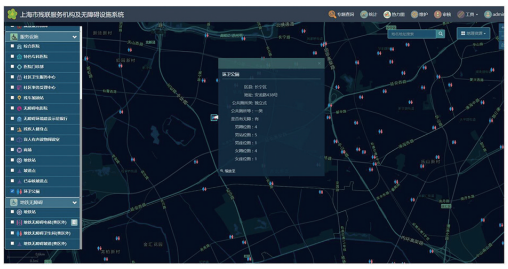


图3 无障碍专题展示浏览

2）无障碍专题查询检索（图4）。系统提供通过图形点取查询无障碍专题要素的详细属性信息和空间位置的功能。同时提供无障碍专题信息的多条件查询检索功能，可以按照区县、名称、设施类型、地址等多种不同条件实现无障碍专题信息的查询及空间定位。



图4 无障碍专题查询检索

3）无障碍专题信息运行维护（图5）。系统支持对各类专题数据进行维护，包括数据的添加、更新（包括位置更新和属性更新）、删除和查看维护的点等功能。

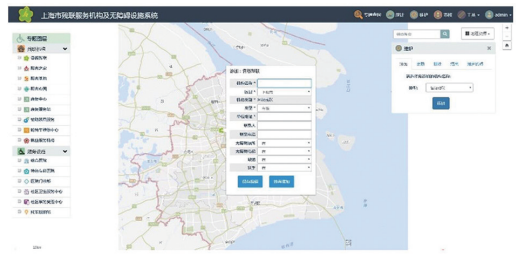


图5 无障碍专题信息维护—数据维护

4）无障碍专题信息审核（图6）。信息审核功能分为市级和区级两级审核权限。区级审核账号首先对本区内待审核的点进行审核，确认维护信息无误后，将提交审核后的点至市级审核账号进行最终审核。市级审核账号负责对区级账号提交的点进行最终确认和审核，在确认后可将维护信息保存到数据库中，并在数据展示界面实时显示更新结果。

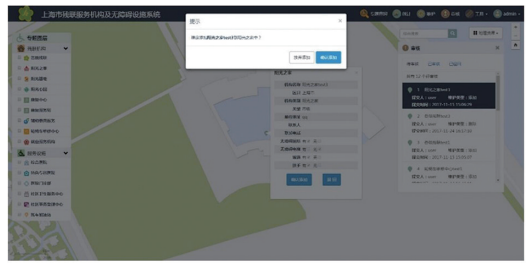


图6 无障碍专题信息审核

5）残疾人口分布分析（图7）。“各类残疾类型的人员数量占户籍人口的比例”这类专题数据，分视力、听力、言语、智力、肢体、精神和多重残疾7大类，每类分为4级。针对这类数据，系统采用热力图的渲染方式可以直观地展示各区县、各街道的各类别、各等级残疾人员比例的高低情况，为残疾人事业管理中的规划决策和形势研判提供必要可靠的数据支撑和技术保障，例如结合盲人有声读物阅览室和视力残疾热力图可为阅览室现有覆盖情况分析和后期规划提供有力支撑。

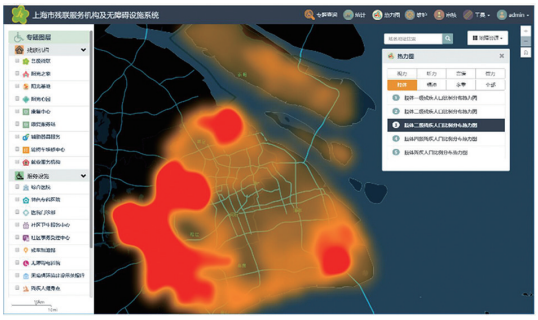


图7　肢体三级残疾人口比例分布热力图

6）无障碍专题统计分析（图8、9）。系统实现了对各类无障碍专题数据的多种方式的空间统计分析，结果以饼状图、柱状图等统计图表的形式展示。包括基于行政区划的空间统计分析、基于机构类别的空间统计分析、基于内、中、外环线的空间统计分析以及基于任意绘制范围的空间统计分析等，为及时掌握残疾人服务机构及无障碍设施的家底情况提供了有效的技术手段。

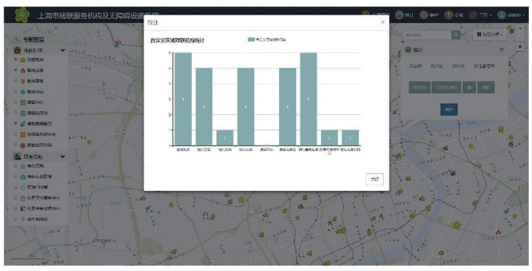


图8　基于任意绘制范围的无障碍专题空间统计

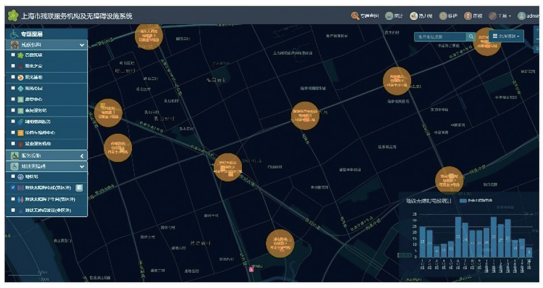


图9　地铁无障碍专题统计

3　结　语

本文对城市无障碍设施管理数字化转型的GIS关键技术和方法进行了系统化的研究，通过高精度地理编码、语义空间双重聚合、众包运营与审核等方法有效解决了无障碍设施的数据准确性、现势性不高、位置信息不精确三方面问题。在此基础上以上海为例进行验证，建立了上海市残联服务机构及无障碍设施管理服务系统。通过对无障碍多源异构专题数据的集中、建设和组织，建立了上海市无障碍专题数据库，并通过语义空间聚合、空间热力图以及统计图表等可视化手段，以多源叠加、多维叠加的方式进行无障碍专题信息的一体化展示、查询、统计分析、更新维护及审核，实现了无障碍专题数据的一体化管理[8-9]。实例通过数字化、信息化、空间化手段，提高了城市无障碍出行服务保障水平，让无障碍设施真正“有爱无碍”，同时也为全市残疾人事业建设中的统计分析、规划决策、形势研判，提供必要、可靠、务实的数据支撑。本文所研究的方法以及所形成的从数据收集、加工、更新到维护的一体化建设和管理流程对无障碍设施管理领域的数字化转型具有普遍的参考意义，对于建设人民友好型城市，体现城市温度，促进全体社会成员平等、充分、便捷地参与和融入社会生活，有重要意义。

参考文献

[1] 福建省住房和城乡建设厅. 加强无障碍环境建设切实保障残疾人全面参与社会生活[J]. 工程建设标准化,2018(9):28-29

[2] 贾泽露,朱毅,唐文武. 服务城市精细治理的数字底座关键技术研究[J]. 地理空间信息,2023,21(2):67-71

[3] 吕宁. 基于WebGIS的网络地图服务的设计与实现[D]. 武汉:中国地质大学,2006

[4] 王劲峰,柏延臣,朱彩英,等. 地理信息系统空间分析能力探讨[J]. 中国图象图形学报,2001(9):37-41

[5] 冯剑红,李国良,冯建华. 众包技术研究综述[J]. 计算机学报,2015,38(9):1 713-1 726

[6] 孟凡荣. 面向智慧城市的测绘地理信息服务模式[J]. 地球,2018(7):143-143

[7] 王聪. 基于时空信息模型的智慧城市数字底座设计初探[J]. 测绘地理信息,2021(增刊):46-48

[8] Jackman S. GIS and Spatial Analysis for the Social Aciences[J]. John Wiley & Sons Ltd Chichester, 2009, 78(3):560-564

[9] Maguire D J,Batty M,Goodchild M F. GIS Spatial Analysis and Modeling[J]. Journal of Luminescence, 2005, 132(11):3 035-3 041