

# 地理空间信息技术在智慧城市中的应用思考

王艳军<sup>1</sup>, 李朝奎<sup>1</sup>, 路立娟<sup>2</sup>

(1. 湖南科技大学 地理空间信息技术国家地方联合工程实验室, 建筑与城乡规划学院, 湖南 湘潭 411201;  
2. 湘潭市国土资源局测绘院, 湖南 湘潭 411201)

**摘要:**综合分析地理空间信息在数字城市和智慧城市建设中的地位和作用, 结合实践探讨地理空间信息技术在智慧城市建设中的关键技术和应用优势, 并提出地理空间信息科学面临的新机遇挑战和重要研究方向, 最后对智慧城市建设和地理空间信息应用进行了总结思考。

**关键词:**地理空间信息; 数字城市; 智慧城市; 基础设施; 信息共享

**中图分类号:**P208      **文献标志码:**A      **文章编号:**1672-9102(2014)04-0069-05

## Thinking of geospatial information technology in smart city application

WANG Yanjun<sup>1</sup>, LI Chaokui<sup>1</sup>, LU Lijuan<sup>2</sup>

(1. National - Local Joint Engineering Laboratory of Geo - spatial Information Technology,  
School of Architecture and Urban Planning, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;  
2. Xiangtan Surveying and Mapping Institute of Land and Resource, Xiangtan 411201, China)

**Abstract:** The status and role of geospatial information were analyzed comprehensively in digital city and smart city construction, the key technology and application advantages were discussed combining with practical construction, So geospatial information science was facing new important challenge opportunity and research direction, and finally the geospatial information technology application was summarized and thought in smart city.

**Key words:** geospatial information; digital city; smart city; infrastructure; information sharing

在目前数字城市地理空间框架建设、物联网和云计算等快速发展的背景下, 智慧城市建设正在全国广泛开展, 信息化测绘体系提供了数据获取的实时化与动态化、数据处理的智能化与自动化、数据服务的网络化、信息应用的社会化、功能取向的服务化<sup>[1-2]</sup>. 数字城市地理空间框架建设面向政府各部门、企事业单位和社会公众提供了权威性、现势性、高效性的地理信息服务, 提升了城市管理的科学化、精细化水平. 从数字城市发展到智慧城市, 符合中国城市科学发展、信息技术发展、经济社会发展的需求和规律, 全 IP 网络架构的传感器和物联网的出现及发展为测绘地理信息的应用提供了广阔空间<sup>[3-4]</sup>. 本文重点研究智慧城市建设中测绘地

理空间信息基础设施的应用优势, 并着重阐述在智慧城市时代测绘地理空间信息技术发展所面临的新机遇和挑战.

### 1 智慧城市测绘地理信息基础设施

智慧城市测绘地理信息基础设施, 为智慧城市提供地理空间定位参考、专题业务信息处理参照和直观形象可视化表达, 主要包括: 空间坐标参考系统框架进一步完善, 建成覆盖全域的大地测量、高程基准、重力系统、深度基准和时间系统框架; 对地多分辨率多时态观测与分析手段进一步丰富, 利用空-天-地一体化智能传感器网络全面多尺度地获取高分辨率、高光谱的地理信息, 集成人口、法

收稿日期: 2013-08-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41271390); 湖南省自然科学基金资助项目(12JJ9023); 湖南省教育厅科学研究项目(14C0429); 宁波市自然科学基金资助项目(2013A610061)

通信作者: 王艳军(1984-), 男, 湖北枣阳人, 博士, 讲师, 主要从事地理空间信息共享与服务应用研究. E-mail: wongyanjun@163.com

人、宏观经济等专题,形成动态鲜活的时空大数据<sup>[5-6]</sup>;地理信息空间分析与服务模式进一步扩展,全面提升智慧物流、智慧医疗、智慧城管、智慧电网等应用的支撑水平;地理信息决策分析和支撑功能进一步优化,扩充传统地理信息系统辅助决策、虚拟展现、宣传咨询等方面的应用机制和能力。

智慧城市的建立可解决城市中现存的严重问题,改善市民生活环境与质量,提高城市化水平,具体方面有:智慧交通能高效合理利用道路资源而缓解交通拥堵问题,并辅助及时处理交通事故;智慧城管可以更有效地实现城市网络化管理和服务;智慧医疗可以有效解决市民“看病难看病贵”、患者与医生间难以沟通等现实问题。智慧城市将利用80%关联的地理信息,渗透到城市的各个方面,形成生活、产业发展、社会管理的新模式和新常态。

智慧城市测绘地理信息基础设施,应加快推进政府云计算中心和基础信息共享工程建设,增强信息基础资源的整合和共享能力;加强基于地理信息平台的电子政务顶层设计,研究集成丰富空间数据资源及地理语义的架构<sup>[7-8]</sup>;推进人口、法人、宏观经济等基础信息系统建设,整合统计、民政、公安、工商、经发等相关部门专题信息,建立基础数据标准化和规范化机制,重点建立自然资源和地理空间基础信息时空数据库,为智慧城市时空信息云平台建设提供基础支撑。

## 2 地理空间信息技术的应用优势

当前,各类新型高分辨率对地观测卫星、多源主动传感器物联网、网络云计算等的普及应用促进了数字城市向智慧城市快速发展。随着传统地理信息系统对空间信息的获取、编辑、分析和可视化等功能研究的不断深入,建立地理信息公共服务的一站式平台,通过标准化模型进行多源海量异质异构地理空间信息资源的自主加载和共享融合,将推动地理空间信息技术在社会各类型专题业务中的应用,逐渐形成网络化、社会化和大众化的应用模式。

### 2.1 地理空间信息资源的聚合

测绘地理信息领域,空-天-地一体化智能对地观测传感器网络获取数据不断增长,每天达到TB级,涉及经济、文化、规划、国土、气象、水利等领域,具有数据量大、种类多、来源广、获取速度快等特点,无法在一定时间内用常规软件工具进行抓取、管理和处理。对于这些海量数据的集成共享应用成为智慧城市地理空间信息领域需要解决的重要问题。

面对新数据源、新数据采集技术、新数据类型

的急剧增长,建设智慧工程中综合应用测绘地理信息中西部测图工程数据、1:5万基础地理信息数据库、海岛(礁)测绘工程和资源三号卫星等海量大数据来丰富和更新地理空间框架资源体系的同时,提升应急处理和安全防范能力也是十分必须的。利用大数据共享强化基础地理信息公共服务能力,开展地理国情普查和监测,深度挖掘地理信息开发应用,结合位置服务,对具有现势性、高分辨率、多尺度的地理信息大数据进行深层次分析和应用。

地理空间数据资源存在异构性和很强的分布性,需要有效地实现数据融合与集成,基于Web Service的分布式共享,不仅提高了地理数据和处理模型的访问性和重用性,而且实现了分布式网络环境下的地理数据和处理模型的互操作。GIS技术和Web技术相结合,使GIS系统由传统的桌面化GIS-system发展为WebGIS;将Web Service技术引入Web GIS中,改变了GIS数据的访问模式,出现了服务化的GIS。传统组件化GIS系统中组件模型和分布式传输协议的差异导致数据共享、软件重用和跨平台等问题;基于网络的WebGIS方便数据获取、集成和共享,但处理模型和地理语义的不一致,使得灵活地获取数据和信息处理功能存在困难<sup>[9-10]</sup>。OGC、ISO/TC211等国际组织基于Web Service技术,提出WMS、WFS、WPS等规范,即分布式的各种空间信息服务,成为空间信息发现、访问、分析和可视化的统一框架,并被ESRI、微软、超图、吉奥等国内外主要GIS厂商接受认可,也基本实现了地理空间信息资源的集成共享。

### 2.2 一站式公共服务平台的构建

传统的地理信息系统根据已有空间数据和任务需求,建立空间数据库和消息交互平台,定义信息分析处理模式,实现地理处理任务,其弊端在于以数据的拷贝或交换为共享基础,限制了部门应用和信息化建设。而在面向服务架构SOA中,主要包括3种角色:服务提供者、服务代理者和服务请求者,分别对应服务发布、查找和绑定3种行为。地理信息公共平台作为一个整体,提供一站式服务,即服务提供者可以定制使用服务,服务使用者也可以向平台注册自定义服务。在开放地理信息和互操作方面,OGC提供了地理数据向可方便访问和操作的Web Service转换的解决方案,并针对这些标准的地图服务,制订了一系列的空间过滤规范和地理处理规范等。

数字城市地理空间信息共享框架的逻辑模型(见图1),可将ShapeFile文件、Oracle空间数据库或PostgreSQL数据库等分布式存储的地理数据,通

过分布式 GIS 服务器,发布为符合 OGC 规范的数据服务和功能服务,并建立分布式、一站式的地理信息公共服务平台。

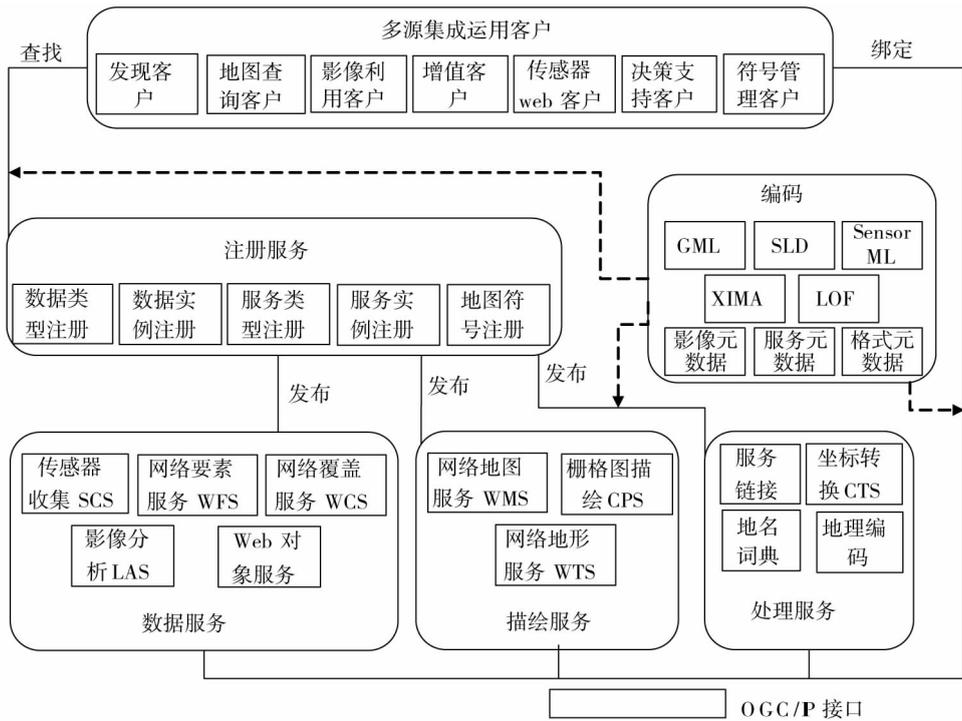


图1 数字城市公共服务平台框架

### 2.3 面向任务的以人为本智能应用

智慧城市应用的重要特点是智能化和自动化,开放网络环境下的空间信息服务将为用户使用地理数据和进行空间分析提供灵活的方式,通过集成语义推理,广泛推广各类专题业务的智能应用.建立以自然语言为输入的智能 GIS,通过理解自然语言词汇对应的空间实体之间空间关系的形式化描述,得到所需的用自然语言表达的查询结果,有助于提升空间信息公共服务平台及智慧城市的智能化水平.

面向自然语言的空间关系推理主要有空间关系描述、空间关系自然语言形式化表达、空间关系自然语言查询语句转换及自然语言查询接口等,在将空间对象抽象为不具有地理语义的空间几何体时,需要同时考虑不同地理特征类型所引起的语义差别影响.地理空间信息不仅仅是具有简单的点、线、面的几何和属性特征的实体,而且更重要的是具有一定地理语义特征的实体,其描述和表达受到地理本体所属类型和语言环境的影响.地理本体是地理空间信息领域共享概念模型的明确的形式化规范说明.构建地理信息元数据本体以对地理数据服务语义描述,并进行空间信息服务的自动发现,根据概念间的特征相似度、语义距离相似度和语义

重合相似度进行匹配组合.基于地理本体及其语义的自然语言更能够符合人们对地理知识特点的表达,实现地理空间信息服务的自动发现和共建共享.

专题应用中,业务模板组合和封装了领域内的专家知识经验,包含了归纳总结的规则性工作模式和可重用的业务流程框架,可直接移植、裁剪、扩展、配置和组合以构建应用系统.不同专业任务的业务模板,具有大粒度知识封装、服务质量 QoS 支持、服务资源可配置、嵌套组合的特点,可通过服务集成终端、业务构件、业务模板、业务逻辑、服务语义和资源管理模块等形成以用户为导向的智能应用,从接触、感受、交互、获知和非理性认知的各个阶段体现以人为本的个性化主动服务模式<sup>[11]</sup>,实现以用户为中心的地理服务解决方案.

### 3 地理空间信息科学的机遇与挑战

数字城市地理空间框架建设已经取得阶段性成果.地理信息公共平台通过分布式存储、多节点协同、一站式服务,面向各级政府政务部门、地理专业用户和企事业普通公众提供基础地理数据资源和平台应用服务支撑,在城市规划、建设、管理和经济社会信息化发展方面发挥了重要作用.针对新形

势和新问题,结合国内外智慧城市建设情况,地理空间信息技术科学面临全新的发展机遇和挑战。

### 3.1 时空信息地理建模与空间化

数字城市地理空间框架建设阶段主要以分布式、一站式的地理信息资源为主,以网络在线方式提供数字化、网络化、协同化服务。智慧城市是在已建成的数字城市地理空间框架基础上,结合云计算和物联网技术,集成和融合物联网多种传感器信息,构建虚拟共享基础设施、数据、软件和平台,为

用户提供鲜活化、虚拟化、灵性化的智能服务<sup>[12]</sup>,图2即为数字城市结合物联网和云计算实现的地理环境虚拟建模,提供真实鲜活地理信息服务。智慧城市时空信息云平台,以直观表达的全覆盖精细地理信息和多历元地理信息为基础,接入物联网感知设备实时信息,面向泛在应用环境按需提供地理信息、功能软件和开发接口服务,是带有时间维的空间信息和真实世界的连续再现,并能够依托物联网网络反作用于真实世界。



图2 地理环境虚拟建模

建设智慧城市时空信息云平台,需要基于时空地理信息数据库集成平台,形成统一灵活的时空信息地理建模框架,其重点在于以真三维空间抽象表达地理现象,而不是在目前二维基础数据库上简单地扩展时间作为第三维属性,同时以时间-空间地理信息模型辅助空间分析,提供时空模拟、历史演变、未来预测预警等应用。时空信息云平台将以空间位置为中心,充分整合和广泛关联各种业务数据以及泛在传感器感知信息,从管理空间信息转变为空间化管理所有信息,建立室内外一体化、高精度、高时空分辨率、多层次的语义位置时空信息数据库,重要的是完善泛在网络接入、加载和服务的标准协议以充分发挥“时空信息的承载引擎”核心作用的同时<sup>[13]</sup>,进一步完善二三维一体化的城市框架模型和室内外无缝导航与位置服务基础设施,实现广泛的时空信息地理建模与空间化。

### 3.2 时空大数据一体化高性能智能处理

智慧城市通过物联网多传感器,实现“人与人、人与物、物与物”的互联互通,通过智能传感网完成动态观测数据的实时接入,并与主动推送无缝对接,针对海量时空大数据建立数据与用户之间的

主动推送与反馈服务机制,提供多传感器数据的修改、关联、融合等在线处理能力<sup>[14]</sup>。这样,就需结合云计算环境实现大数据一体化高性能处理,以开放互操作方式满足不同背景、多类型、分时空的信息需要,真正实现聚焦服务和按需服务,实时快捷准确地并行和效用计算,发挥在城市运行管理(如衣食住行、应急响应等)的最大化核心价值。

如果时变空变的实时接入数据一旦存起来再处理其价值将急剧减小,因此,时空大数据一体化高性能处理的突出要求是快速、准确、灵性、全面。从传感网数据获取到网络传输集成融合再到云端分析处理和输出,高性能智能处理将全部以在线 workflow 引擎驱动,需突破海量大数据并行处理算法、资源动态均衡调度策略、异构数据融合机制、地理处理语义模型等。

### 3.3 丰富语义信息的深度挖掘

“一库,一平台,多示范应用”模式的数字城市地理信息公共平台已经建立,可集成视频、街景、感应、气象等传感设备及信息,但仅是将其位置标注在地图上,或另辟窗口单独展现接入,信息有效提取手段缺乏,也未能与空间信息有机整合,更未在

空间分析和科学决策中充分利用这些专题信息<sup>[15-16]</sup>,存在对海量丰富数据资源语义信息缺乏深度挖掘的问题。

所谓的丰富语义信息的深度挖掘,就是利用时空大数据分布式一体化管理与协同计算的机制,深入挖掘丰富的集成地理语义的信息,发展空间分析模型数据库并在此基础上进行数据处理流程再造。智慧城市建设中,通过充分挖掘各种专题业务数据,可以及时发现基于空间位置的多维时空相互关联关系及其演变规律,将地理信息系统从传统的展示、表现和模拟转变为融入业务的数据分析工具、科学决策支撑和日常办公助手,最大限度地发挥已有地理空间信息的价值,充分挖掘地理语义信息的巨大潜力,有效解决跨时空的复杂城市问题和服务民生方面的问题。

## 4 结论

测绘地理信息已成为智慧城市建设的重要基础设施,自然资源与空间地理数据也是智慧城市4大基础数据库之一。在数字城市到智慧城市发展的背景下,多类型感知信息将实时接入,借助云计算技术将实现地理知识引擎和按需服务,地理空间信息技术在数字城市地理空间框架建设中已体现出资源聚合、一站式服务、面向任务的以人为本智能应用等方面优势。在智慧城市时空信息云平台建设中,地理空间信息科学面临发展机遇和挑战,需要在时空信息地理建模、时空大数据高性能处理和语义信息挖掘等方面突破和提升,才能支撑智慧城市的建设与运行。

## 参考文献:

- [1] Goodchild M F. Citizens as voluntary sensors: spatial data infrastructure in the world of Web 2.0[J]. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 2007 (2):24-32.
- [2] Yang C, Raskin R. Introduction to distributed geographic information processing research[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2009, 23 (5): 553-560.
- [3] 李德仁,龚健雅,邵振峰. 从数字地球到智慧地球[J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2010, 35(2):127-132.
- [4] 李德仁,邵振峰. 论新地理信息时代[J]. *中国科学 F 辑:信息科学*, 2009(6):579-587.
- [5] Max C, Kees D B, Davina J, et al. Digital earth 2020: towards the vision for the next decade[J]. *International Journal of Digital Earth*, 2012, 5(1):4-21.
- [6] Elwood S. Grassroots groups as stakeholders in spatial data infrastructures: challenges and opportunities for local data development and sharing[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2008, 22(1):71-90.
- [7] Li Z L, Yang C P, Wu H Y, et al. An optimized framework for seamlessly integrating OGC Web services to support geospatial sciences [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2011, 25 (4): 595-613.
- [8] 李成名,刘晓丽,印洁,等. 数字城市到智慧城市的思考与探索[J]. *测绘通报*, 2013(3):1-3.
- [9] Zhang C, Li W. The roles of Web feature and Web map services in real-time geospatial data sharing for time-critical applications [J]. *Cartography and Geographic Information Science*, 2005, 32(4):269-283.
- [10] 乔朝飞. 大数据及其对测绘地理信息工作的启示[J]. *测绘通报*, 2013(1):107-109.
- [11] 杜冲,司望利,许珺. 基于地理语义的空间关系查询和推理[J]. *地球信息科学学报*, 2010, 12(1):48-55.
- [12] 刘勇,李成名. 基于业务模板的地理信息服务语义集成方法研究[J]. *测绘科学*, 2011, 36(2):84-87.
- [13] 徐开明,吴华意,龚健雅. 基于多级异构空间数据库的地理信息公共服务机制[J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2008, 33(4):402-404.
- [14] 王婷婷,王宇东,秦勇. 基于JWS的“智慧城市”信息化建设质量综合评价管理系统的SOA架构研究[J]. *湖南师范大学自然科学学报*, 2013, 36(5):39-44.
- [15] 武昊,廖安平,彭舒. 面向服务契约的地理信息Web服务自适应集成方法研究[J]. *测绘通报*, 2012(1):74-77.
- [16] 李伟,陈毓芬,邓毅博. 以人为本的地图服务用户体系模型构建[J]. *测绘通报*, 2013(2):34-37.