

# 移动环境地图自动综合系统设计与实现

沈 婕<sup>1,2</sup>

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210046; 2. 虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 210046)

**摘要:** 地图自动综合的研究随着地图与地理信息系统科学的发展不断深入, 从早期的地图目标几何量测与图形简化至制图综合知识的运用、制图综合方法评价与集成、乃至在线综合与综合服务出现。本文针对当前移动地理信息服务对地图随时、随地为所有人和所有事提供实时服务的要求, 主要探讨了移动环境中地图自动综合的概念、特征与系统架构等相关理论与技术方法。本文首先从广义的角度阐述了地图自动综合所处的移动环境, 并提出其至少由计算环境、表达环境、传输环境和应用环境4个部分组成, 并指出制图综合在这几个方面与传统环境的差别。进一步从制图综合基本问题出发, 阐述了移动环境地图自动综合的概念。考虑用户的移动性, 从制图综合发生机制、地图认知、地图信息传输等方面分析了移动环境地图自动综合的特征, 主要包括制图综合范围、综合交互、综合约束、综合效率、综合表达等方面。基于 OpenGIS 的服务架构, 扩展了移动 GIS 通用的 Client-Server 架构, 设计了移动环境制图自动综合的系统架构, 并分析了该系统中客户端和服务端的功能。本文采用 PostgreSQL/PostGIS 作为空间数据库管理系统, 在 JUMP 环境中, 基于 JTS 实现了部分制图综合算法, 并实现了 GML 和 SVG 的移动地图显示。最后, 以南京市湖南路商业区居民地数据为例, 实现了移动环境中的不同层次的居民地简化。

**关键词:** 移动环境; 地图自动综合; 有效性; 系统架构

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2011.00623

## 1 引言

现代生活和工作中人类行为的移动性不断增强, 人们越来越青睐那些能够处理综合信息的手持终端设备, 如智能手机、个人数字处理(PDA)等<sup>[1]</sup>。通信技术、网络技术的发展为人们处理和运用地理信息提供了良好的硬件环境<sup>[2]</sup>, 定位信息服务 LBS 技术、无线应用协议 WAP、嵌入式 GIS 技术等, 使我们进入了一个全新的移动式 GIS(Mobile GIS)时代。近年来, 地理信息服务日趋个性化, 对于地图的有效性提出了越来越高的要求, 未来理想的地图应该能够随时(Anytime)、随地(Anywhere)、为所有人(Anybody)和所有事(Anything)提供实时服务(4A 服务)<sup>[3]</sup>。地图的有效性体现在两个方面: 一是实时动态性, 即“立刻有效性”, 用户在移动过程中提出的地图服务请求, 系统必须实时响应。二是面向用户的自适应性, 移动环境下, 地图生产必须以人为本, 地图内容和表达方法要面向用户当前

所处环境、所面临的任务<sup>[4]</sup>。传统的面向图幅、面向专题的地图生产方式已不能满足这种自适应地图生产方式的需要。

地图自动综合是对地理空间数据在有限图幅条件下抽象、概括的重要方法, 涉及到众多地理要素、目标及其联系, 是个国际性难题。周成虎(2006)概述了上世纪60年代至今地理信息系统发展的几个阶段。其实, 地图自动综合的研究是随着地图与地理信息系统科学的发展不断深入的, 如图1所示<sup>[5-7]</sup>。随着大众对移动地理信息服务要求的日益提高, 传统静态的、多尺度地图数据库的间接综合策略已难以满足移动服务的自适应需求, 考虑移动环境下用户特征、需求的制图综合已成为该领域无法回避和必须引起高度重视的一个重要任务。王家耀院士曾指出, 适应地理信息系统中空间数据多尺度表达的要求, 必须采用自动综合方法, 且应是在线的<sup>[7]</sup>。

近年来, 面向网络环境乃至移动环境的制图综

收稿日期: 2011-03-20; 修回日期: 2011-09-28.

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071288); 江苏高校优势学科建设工程资助项目。

作者简介: 沈婕(1969-), 女, 博士, 副教授。主要研究方向为地图自动综合、电子地图与网络地图。

E-mail: shenjiejie@njnu.edu.cn.

合已成为欧美等国研究的热点<sup>[8-12]</sup>,我国也密切关注这一领域的发展<sup>[13-18]</sup>。本文将在已有地图自动综合理论与方法基础上,阐述地图自动综合所处的

移动环境及其构成,提出移动环境地图自动综合的概念及其特征,建立移动环境地图自动综合的总体框架,设计与实现了部分移动环境地图自动综合算法。

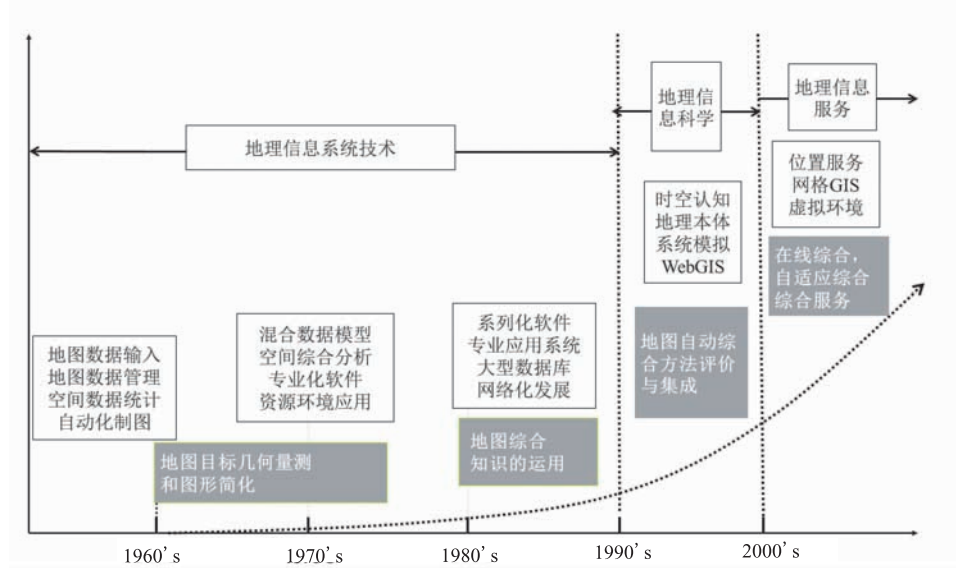


图 1 制图综合发展与地理信息系统发展的关系

Fig. 1 Relationship between development of map generalization and GIS

## 2 地图自动综合所处移动环境的概念及其构成

### 2.1 地图自动综合所处移动环境的概念

制图综合作为地图制作过程中最具创造性的思维活动,综合手段经历了不同阶段的发展变化,制图综合所处的环境也不断变化。从最初的运用人脑、绘图工具及绘图纸构成的手工制图综合环境,发展为利用电脑、制图综合软件及人机交互的协同综合环境,再发展为网络环境下,基于客户端和服务端请求与响应的网络综合环境,乃至当今无线通信技术发展条件下,移动客户端及服务端请求与响应的移动环境。虽然制图综合的环境发生了变化,但是,制图综合的任务还是围绕着尺度变化这一核心。

地图自动综合所处的移动环境,广义的可以理解为地图自动综合过程发生于或用于离线或在线的移动设备上。离线情况是指地图自动综合任务的发生、执行与表达不需要与服务器的交互,即通常所说的胖客户端模式,可以理解为是一个掌上电脑的地图自动综合系统。在线情况中,地图自动综合发生于客户端与服务器交互响应的过程中,即瘦

客户端模式。本文中地图自动综合所处的移动环境是针对在线地图服务的情况下,地图自动综合任务的发生与处理、地图自动综合结果的表达、与地图自动综合相关的数据传输、地图自动综合应用所处的环境总称。在这一环境中,地图自动综合不再受计算机、用户等条件约束,改变交互操作模式为提供服务的模式。由于地图自动综合在综合要素、综合算法、综合约束条件等方面还有很多问题没有完全解决,故要实现自动化是不现实的。因此,本研究首先对已有的制图综合算法进行了分析,探索那些能够实时执行的制图综合算法在移动环境中的应用方法,在制图综合要素上选择移动环境中常用到的 POI、道路、居民地等。

### 2.2 地图自动综合所处移动环境的构成

移动环境中地图自动综合面向社会化地理信息服务,它不再是实现某些要素、某些尺度变换操作、静态的制图综合系统,也不仅仅是指一种具体的基于移动计算的应用,更是一个集成系统。地图自动综合所处的移动环境一般构架在移动空间信息服务系统平台之上。由于移动空间信息服务系统在体系架构、服务模式、开发技术等方面也随着具体应用环境、开发条件而有所不同。因此,地图

自动综合所处的移动环境也没有固定的模式,但至少应由计算环境、表达环境、传输环境和应用环境四个部分组成。对于一些基本的简单的操作和请求,移动终端可以不请求服务中心而独立完成,而

对于那些比较复杂的移动终端不能实现的功能或是需要动态数据支持的功能则需提交给服务中心,通过服务中心的处理后将结果返回给移动终端。地图自动综合所处的移动环境如图 2 所示。

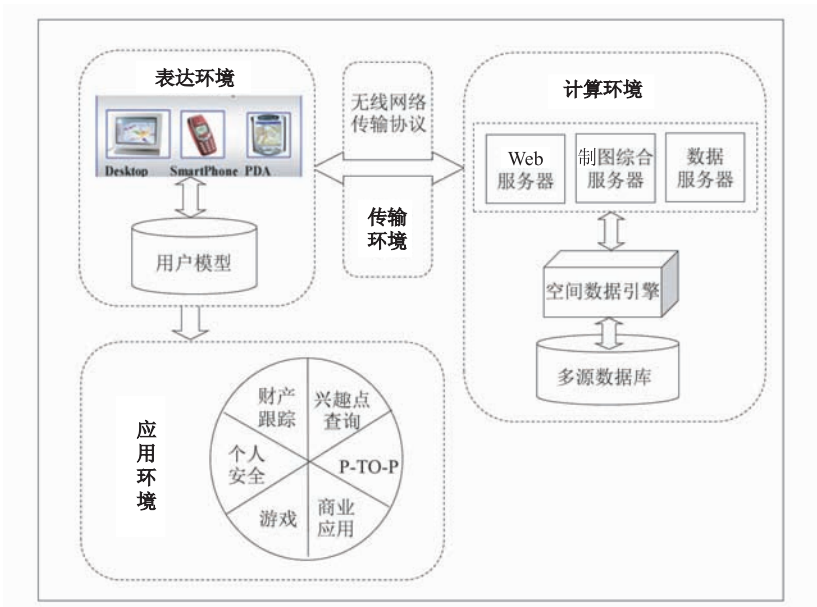


图 2 地图自动综合所处的移动环境构成

Fig. 2 Composition of the mobile environment of map generalization

移动环境地图自动综合与传统地图自动综合相比,在所处环境上主要区别是:(1)制图综合的计算环境不再是单机环境,可能是分布式环境的高性能计算环境如集群等;(2)空间信息的数据传输环境,是由无线网络实现的;(3)综合结果的表达环境是手机、PDA 等嵌入式设备;(4)地图自动综合的应用环境是面向大众化的移动空间信息服务。

### 3 移动环境地图自动综合的概念及特征

#### 3.1 移动环境地图自动综合的概念

毋河海教授将制图综合的基本问题归纳为“为什么”、“是什么”、“做什么”3 个基本理论问题与“何时”、“何地”与“怎么做”3 个技术方法问题<sup>[19]</sup>。移动环境地图自动综合从本质上是指解决移动环境中地理信息的尺度变换。在 3 个基础理论问题上与传统的地图综合相比较,移动环境中“为什么”、“是什么”、“做什么”需要解决与传统制图综合面临的同样问题,但是在制图综合发生机制、制图综合约束等方面都发生了一系列变化。在 3 个技术方

法问题上,移动环境中地图自动综合中的“何时”:制图综合的发生取决于用户对地图的需求;“何地”:实施综合操作的地域定位围绕着用户的当前位置而变化;“怎么做”:制图综合模型建立在用户所处的上下文环境中,制图综合的操作与算法在移动环境中实现。

综上所述,移动环境地图自动综合是指在现代无线通信、移动定位、网络 GIS 等技术基础上,基于认知心理学、行为学、自适应等理论,研究移动环境中制图综合模型、约束条件、规则及算法,在无线网络环境中实现面向大众的制图综合互操作,满足移动用户对地图尺度变换需求的一系列理论与方法。

#### 3.2 移动环境地图自动综合的特征

由于移动环境中用户的移动性使得移动环境地图自动综合与传统的制图自动综合在制图综合发生机制、地图认知、信息传输方面存在差异,主要表现为:(1)用户的行为具有目的性,因此,综合后的地图要面向用户的行为目标与任务,目标地图与源地图不仅存在着尺度变换,而且在要素类型、要素表达方法等方面还将有所区别;(2)用户处于运

动状态中,用户的位置、速度等用户的空间状态不断变化,制图综合的范围将不再是全图幅中的某要素或全要素,仅需要综合与用户当前的空间状态最为相关的内容;(3)在地图表达上,不仅要在小的屏幕上表示出用户需要的内容,其信息量还要与用户的运动状态下的认知特点相匹配,在地图传输时,信息量要与用户所处的网络连接环境相适应<sup>[20]</sup>。

根据现有的研究现状分析和总结,移动环境地图自动综合应具有以下特征:

(1)制图综合的范围自适应于用户关注的区域:目标尺度的地图表达范围要围绕用户的位置、路径及行为,因此在进行制图综合时,用户所处的地理位置、路径等信息充分地考虑,制图综合的范围就是依据用户当前的地理位置、路径来确定。这样可以在一定程度上减少综合运算量,提高效率,加快响应的速度。

(2)尽可能少的制图综合交互操作:制图综合过程尽可能地自动实现,用户尽可能少地进行干预。移动用户一方面和现实世界发生着直接接触,另一方面又要通过地图更好地了解他所处的地理位置和周围环境。为了减轻双重认知负担,用户应尽可能将注意力集中在与现实世界交互上,与地图的交互越少越好,因此,综合操作要尽可能地自动实现。而这一点也是目前制约移动环境地图自动综合实现的瓶颈。

(3)在制图综合的约束控制方面,由于移动环境中的用户处于运动状态、信息传输的带宽窄、显示屏小等局限,图面的信息载负量要比平均条件下的要小,地图符号应比平均阅读条件下的标准更大更清晰可辨才能保证立即可读性,而地图符号的尺寸也不应过小而妨碍操作。在综合的几何约束方面,超乎传统标准的夸张表达手法有时更有利于移动环境中的地图信息的传输,如示意图综合。现有的一些综合方法还增加了语义约束控制,在制图综合过程中充分考虑用户信息,将用户的其他选择信息通过语义约束方法添加到制图综合过程中。

(4)在制图综合效率方面,综合结果图必须实时显示。由于是在移动环境中进行的制图综合,其综合的过程是通过用户的请求与服务器的响应来实现的,制图综合服务所提供的信息必须早于用户对实地的环境认知才有意义,另外,过长的系统响应时间也影响了制图综合的有效性。

(5)在制图综合结果的表达方面,由于移动环

境中制图综合的比例尺是不可以预先设定的,完全是根据用户的实时信息需求来临时确定,因此,结果图的比例尺无法预知。综合结果为用于可视化的临时地图,具有很大的不确定性,其结果不可能被预测,而且综合的结果目前也没有办法进行准确性检测。

## 4 移动环境地图自动综合系统的设计与实现

### 4.1 移动环境地图综合系统架构的设计

根据移动环境下地图自动综合的范围、执行过程、综合效率、综合的约束控制及综合结果表达等方面的特殊性,为了实现移动环境下地图自动综合过程的高效执行、综合内容面向用户需求、综合结果面向移动地图表达等要求,原有面向地图生产的综合模式已不能完全适应移动环境的需求,在综合的总体框架上需要整合地图自动综合、GIS、空间数据库等多个领域的研究成果,综合性地解决面向用户需求的移动环境地图尺度变换的问题。

框架基于 OpenGIS 的服务架构,包含了在移动环境中工作的各个部分,如图 3 所示。各个组成部分将上传和下载用户的个人信息,并进行处理、组织和表达。框架将扩展目前移动 GIS 通用的 Client-Server 架构,增加一些新的功能。

服务器端将包括基本的网络服务、数据服务及地图自动综合服务。网络服务负责服务的注册、请求的解析。数据服务将包括面向移动空间信息服务的多源数据库整合与集成,不仅使用来自多尺度地理数据库的空间数据,还将集成多种动态的数据源,如位置信息、POI 信息等,包括从网络上动态提取的网络信息。此外,数据服务还将实现面向制图综合的数据提取、数据排序,以减少制图综合的数据量,更有效地将综合范围集中于用户感兴趣的区域。地图自动综合服务将集成 GIS 服务、智能计算控制、在线及离线地图综合等功能,GIS 服务实现地理信息的编码、空间分析与路径查找等功能,地图自动综合服务将在客户端传导过来的用户个性动态规则集的约束控制下,实现地理信息的尺度变换,两者捆绑在一起,为个性化的移动空间信息服务提供决策支持。智能计算控制则包括为了保证移动环境中制图综合计算的高效执行所提供的负载均衡、节点通讯及协同计算等方法。



客户端不仅包括基本的发送、请求、接受与显示等功能,还将呈现更多的用户自适应功能,考虑到用户的基本情况、上下文及习惯,并将用户的上下文信息和综合算法集成,对在线综合算法进行改进。此外,客户端还将有移动定位信息服务、隐私控制服务、用户模型构建服务、在线综合服务等移动环境地图自动综合特有的功能。通过设计用户操作界面,输入个人资料、行为记录及时空事件,借助学习算法及数据聚类规则集等数据挖掘方法,实现数据自组织,产生动态规则集,并将这些规则传输至服务器端。在线综合服务则视具体的计算任务执行情况,由服务器端进行负载平衡调配。在线制图综合可以在客户端、也可以在服务器端执行,要基于效率优先的原则,视具体的移动环境而定。

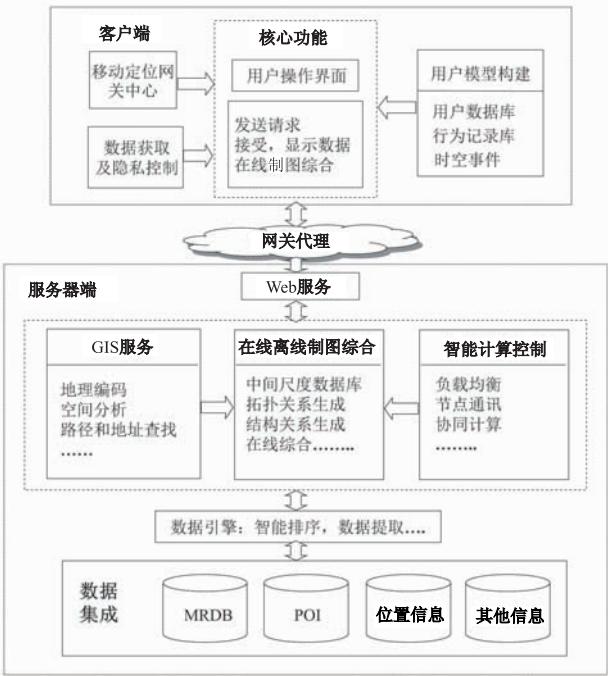


图 3 移动环境地图自动综合系统架构

Fig. 3 The system architecture of map generalization in mobile environment

4.2 移动环境地图自动综合系统的实现

相比较于传统的制图综合实现过程,面向移动环境的制图综合过程有着一些差别,如数据传输和处理的格式,算法实现的平台,执行算法的时间、算法的约束条件等。移动地图数据主要传输于无线网络并显示于小显示器上。数据格式必须和移动设备相适应,我们采用 GML 和 SVG 作为显示格

式。PostgreSQL 是一个开源的数据库<sup>[21]</sup>,PostGIS 为 PostgreSQL 对象-关系性数据库添加地理对象的支持<sup>[22]</sup>,它使得 PostgreSQL 成为一个大型的空间数据库。我们采用 PostgreSQL/PostGIS 作为空间数据库管理系统。在 JUMP(Java Unified Mapping Platform)环境中<sup>[23]</sup>,基于 JTS(Java Topology Suite)实现了部分制图综合算法<sup>[24]</sup>。实现的简化算法有 Lang 简化算法、Douglas-Peucker 简化算法、Graham 凸壳简化算法。图 4 是移动环境地图综合系统的实现方法。

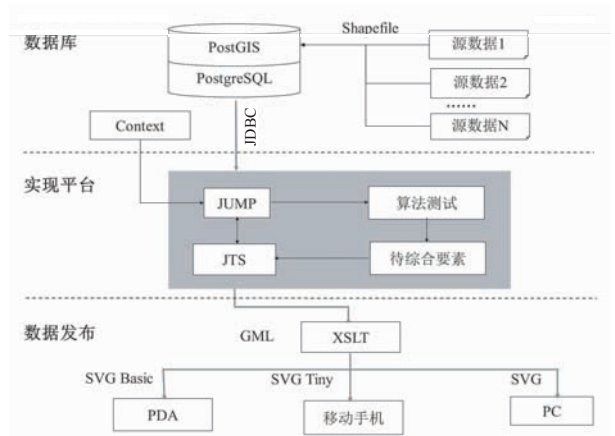


图 4 移动环境地图综合系统实现方法

Fig. 4 The implementing method of map generalization in mobile environment

4.3 案例实现

考虑到移动用户的认知特点,将移动用户的位置考虑到建筑物简化的过程中。我们采用待简化居民地与用户位置之间的距离作为居民地简化程度的控制参数。首先,选择用户的当前位置作为中心,计算居民地与用户位置间的距离,将围绕在用户位置周围的居民地分为不同的环状区域。针对不同的区域采用不同的简化算法,所有的简化算法都是实时执行的。居民地简化的结果与未简化之前的、采用全局简化算法的结果比较见图 5 所示。

5 结语

本文指出地图自动综合的研究需要随着地图与地理信息系统科学的发展不断深入,针对当前移动地理信息服务对地图有效性提出的两点要求,即地图的立刻有效性及自适应性,剖析了地图自动综



图5 整体简化和层次简化的对比

Fig. 5 Comparison of holistic simplification and hierarchical simplification

合所处移动环境的概念及其构成,阐述了移动环境地图自动综合的概念及特征,设计了移动环境地图自动综合的系统架构,提出移动环境中地图自动综合系统的实现方法,并设计案例验证了该实现方法。

地图自动综合经历了几十年的研究,积累了大量的制图综合模型、算法,移动地理信息服务对地图实时、按需生成提出了新的挑战,移动环境地图自动综合的特征对制图综合的效率、交互方式、约束控制等领域提出了新的问题,在这些领域还存在着很多理论与方法问题亟待解决。可以预见,这些问题的解决也将是地图认知理论、地图传输理论、地图感受理论、地图数学模型理论等在地图自动综合领域新的融合与创新,对于现代地图学理论与方法的发展具有重要的意义。

#### 参考文献:

- [1] Meng L, Reichenbacher T and Zipf A. Map-based Mobile Services[M]. Springer Berlin Heidelberg, 2005.
- [2] 阚国年. 地理信息技术与数字江苏建设[J]. 现代测绘, 2003(1):4-9.
- [3] 陈飞翔. 移动空间信息服务关键技术研究[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所, 2006.
- [4] Meng L. About Egocentric Geovisualisation[C]. Proceedings of the 12th International Conference on Geoinformatics, Gävle, Sweden, 2004.
- [5] 周成虎. 对地理信息系统发展的几点认识[C]. 全国博士生创新论坛, 南京, 2006.
- [6] Meng L. Automatic Generalization of Geographic Data [C]. 1997. <http://www.vbbviak.sweco.se/Researchnet/preport/fm9706.htm>.
- [7] 王家耀. 空间数据自动综合研究进展及趋势分析[J]. 测绘科学技术学报, 2008,25(1):1-7.
- [8] GiMoDig[EB/OL]. <http://gimodig.fgi.fi/>.
- [9] Webpark[EB/OL]. <http://www.webparkservices.info/>.
- [10] GENDEM [EB/OL]. <http://www.forschungsportal.ch/unizh/p2170.htm>.
- [11] WebGen [EB/OL]. <http://webgen.geo.uzh.ch/about.html>.
- [12] GenW2 [EB/OL]. <http://www.geo.uzh.ch/en/units/giscience-gis/research/>.
- [13] 王卓亭,武芳,王辉连,邓红艳. 网络环境下地图自动综合框架模型研究[J]. 测绘科学, 2006,31(5):45-47.
- [14] 王卓亭. 基于 Web 服务的按需网络综合的研究[D]. 郑州:解放军信息工程大学, 2006.
- [15] 董卫华. 面向需求的示意性道路网地图渐进式综合研究[D]. 武汉大学, 2008.
- [16] 王美珍. 面向移动地图表达的居民地地图综合算法研究[D]. 南京师范大学, 2008.
- [17] 沈婕,龙毅,王美珍,等. 移动环境自适应地图综合方法初探[J]. 测绘科学技术学报, 2008,25(4):245-248.
- [18] 王美珍,沈婕,苏昆. 移动环境中居民地综合算法的应用[J]. 地球信息科学, 2008,10(2):171-176.
- [19] 毋河海. 地图综合基础理论与技术方法研究[M]. 北京:测绘出版社, 2004.
- [20] Shen J, Wang M, Shi J, et al. Study of Real-Time Building Simplification Algorithms Based on User Cognition, CPGIS2008, Guangzhou [C]. Proceedings of SPIE, 2008, Vol. 7143 71432T.
- [21] PostgreSQL[EB/OL]. <http://www.postgresql.org/>.
- [22] PostGIS[EB/OL]. <http://postgis.refractory.net>.

[23] JUMP[EB/OL]. <http://www.vividsolutions.com/jump/main.htm>.

[24] JTS[EB/OL]. <http://www.vividsolutions.com/jts/jtshome.htm>.

## The Concept, Characteristics and System Architecture of Map Generalization in Mobile Environment

SHEN Jie<sup>1,2</sup>

(1. School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China;

2. Key Laboratory of Virtual Geographical Environment, Ministry of Education, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** The study of map generalization has continuously kept up with the pace of the development of cartography and geographic information science. Map generalization has experienced the following steps: early geometric measurement of map elements, graphic simplification, map generalization knowledge applying, map generalization quality evaluation, map generalization methods integration and on-the-fly map generalization and map generalization services. Due to the requirements of mobile geographic information services that the usability of maps have to apply 4A services (Anytime, anywhere, anyone, anything), the theories and technical methods of map generalization in mobile environment should be updated. In this paper we discussed the concept, characteristics and system architecture of map generalization in mobile environment. First, in the broader sense we explained the concept of the mobile environment which the map generalization deals with in and then put forward that this environment should at least include four parts such as computing environment, visualizing environment, transmission environment and applying environment and pointed out that map generalization are different with the traditional map generalization in these aspects. Then we elaborated the concept of map generalization in mobile environment from the point of the fundamental problems in map generalization. Based on the mobility of the user, the characteristics of mobile map generalization such as the range, interaction, constraints, efficiency, visualization were analyzed from different aspects such as the happening mechanism, map cognition and map information transmission. Based on the service architecture of OpenGIS and the Client-Server architecture of mobile GIS, we designed the system architecture of map generalization in mobile environment and analyzed the functions of client and server. At last, we put forward the implementing methods of the system. We used PostgreSQL/PostGIS as the spatial database management system, implemented some map generalization algorithms based on JTS in JUMP and realized the mobile map visualization based on GML and SVG. In this paper we took Hunan road business district of Nanjing as the test area and realized the hierarchical building simplification.

**Key words:** mobile environment; map generalization; usability; system architecture