

面向建设工程全生命周期应用的 CAD/GIS/BIM 在线集成框架

薛梅, 李 锋

(重庆市勘测院, 重庆 400020)

摘要:针对建设领域和地理信息领域多源异构的城市空间信息应用现状,建立基于服务架构的 CAD/GIS/BIM 在线集成框架,以实现跨领域的空间信息集成与应用。基于 CityGML 的建设工程信息模型定义建筑、管线、道路建设工程的空间及语义结构信息;通过 CAD/BIM 要素服务实现对建设工程信息模型的在线访问与编辑;基于自主研发的客户端实现三维 GIS 场景中 CAD/BIM 要素服务的访问集成;面向建设工程全生命周期管理开展应用实践,验证框架技术可行性。该技术框架能有效实现 CAD/BIM 信息在大范围三维地理场景中的集成、可视化模拟与分析,为建设工程设计、施工、运营期智慧应用提供支撑。

关键词:建筑信息模型;计算机辅助制图;在线集成;全生命周期

中图分类号:P208 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-0504(2015)06-0030-05

0 引言

在城市规划和公共服务领域,地理信息系统(GIS)实现了大范围地理空间信息的集成、可视化和广泛应用。在建设领域,计算机辅助制图(CAD)、建筑信息模型(BIM)代表了行业信息化主流。尽管 CAD、GIS、BIM 研究的核心都是城市空间对象,但术语、信息标准、建模尺度以及要解决的技术本质不同,为开展跨领域的互操作集成带来挑战。随着跨领域信息集成研究的深入,CAD/GIS/BIM 集成成为国内外共同关注的前沿技术。国际化标准组织开放地理空间信息联盟(OGC)提出了对三维数据标准城市地理标记语言(CityGML)和网络要素服务(WFS)进行扩展,以支持 CAD/BIM 和 GIS 信息集成的标准化方向,并成立了三维信息工作组。Lapierre 等据此开发了相关测试原型系统^[1-6]。朱庆比较了建筑对象的工业基础类(IFC)数据模型标准和 CityGML 标准定义的 CAD/BIM 模型与三维 GIS 模型的表达机制的区别,并提出集成难点在于高细节层次模型到低细节层次模型的自动转换^[7]。李德超等分析了 BIM 与 GIS 的区别,从数据组织、应用模型等方面探讨 BIM 在数字城市三维建模中的应用^[8]。薛梅等提出了定义具有空间语义一致性的建筑构件信息模型,开展 BIM 和三维数字城市集成应用的方法^[9]。

本文面向建筑、道路、管线等建设工程全生命周

期信息集成与管理需求,结合信息模型标准化现状,提出 CAD/GIS/BIM 在线集成技术框架,包括建设工程信息模型、CAD/BIM 要素服务、3DGIS 在线客户端、建设工程全生命周期应用 4 个核心内容。基于 CityGML 扩展的建设工程信息模型是语义空间信息存储、读取及协同应用的基础;CAD/BIM 要素服务提供建设工程信息模型在线访问与修改的标准化接口;自主研发的客户端软件实现对 CAD/BIM 要素服务的访问、三维场景中建设工程模拟展示和全生命周期集成应用。本技术框架实现了 CAD/BIM 信息在大范围三维地理场景中的集成、可视化模拟与分析,为建设工程设计、施工、运营期智慧应用提供了支撑。

1 CAD/GIS/BIM 在线集成框架的总体思路

本文研究核心为多源、异构城市地理空间数据和建设工程信息的在线集成及全生命周期应用。建设工程全生命周期涉及决策、设计、施工、运营、拆除阶段,涉及多种数据格式和语义信息,通过开展 CAD/GIS/BIM 在线集成,有助于建设工程各阶段信息的实时集成与共享,充分发挥 GIS 空间数据集集成整合、地理模拟、地理分析的优势,提高工程管理的效率和科学性。

基于 OGC 推荐的服务发布—发现—绑定模式建立了 CAD/GIS/BIM 在线集成框架,以实现多源网络异构数据集成(图 1)。框架包括数据、服务、模

收稿日期:2015-03-16; 修回日期:2015-05-13

基金项目:重庆市科技计划项目(cstc2014yykfB40004)

作者简介:薛梅(1981—),女,高级工程师,研究方向为三维数字城市和地理设计。E-mail:xuemei@cqkcy.com

型、应用 4 个层次。数据层包括分布式存储的二维 GIS 数据、三维数字地形、三维城市模型、BIM 数据和 CAD 数据;服务层包括 OGC 网络目录服务 (CSW)、网络地图服务 (WMS)、网络要素服务 (WFS)、网络覆盖服务 (WCS)、网络三维服务 (W3DS) 扩展和 CAD/BIM 模型要素服务;模型层包

括 OGC 地理标记语言 (GML)、OGC 城市地理标记语言 (CityGML) 和建设工程信息模型;应用层以 CAD/GIS/BIM 在线集成客户端为基础,提供服务发现、三维地理环境浏览、查询、分析等功能,并在此基础上开展建设工程模型集成、选址规划、交互式设计、施工管理、运营管理等全生命周期应用。

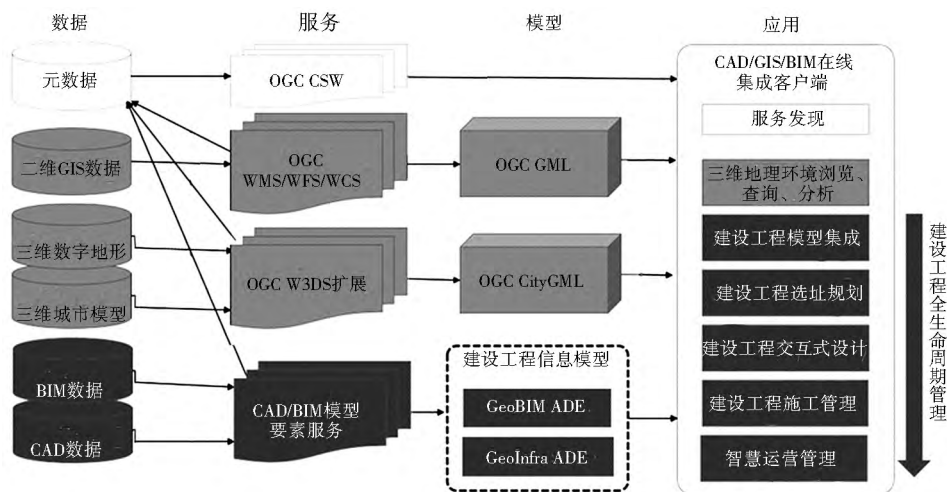


图 1 CAD/GIS/BIM 在线集成技术框架
Fig. 1 CAD/GIS/BIM online integration framework

CAD/GIS/BIM 在线集成框架应用了多个 OGC 服务和数据标准。其中 OGC CSW 定义了空间数据和服务元数据搜索、发现和注册接口;OGC WMS/WFS/WCS 服务定义了二维矢量、影像数据发布和访问接口;OGC GML 和 CityGML 分别定义了二维和三维地理空间数据共享交换标准。对基于 OGC 标准框架进行了以下扩展:1)扩展 OGC W3DS 服务,以适应客户端对三维模型场景组织、多细节层次调度、数据缓存的需要;2)基于 CityGML 应用领域扩展模型(ADE)定义建设工程信息模型,包括建筑(GeoBIM ADE)和基础设施(GeoInfra ADE)两大类;3)参考 WFS、WFS-T 定义 CAD/BIM 模型要素服务,读取 CAD/BIM 数据并返回为 GIS 可识别的建设工程信息模型;4)研发 CAD/GIS/BIM 在线集成客户端,实现对二三维 GIS 服务、CAD/BIM 模型要素服务的发现、访问和应用。

2 CAD/GIS/BIM 在线集成框架的关键技术扩展

2.1 建设工程信息模型

建设工程信息模型的核心在于对各类建设工程全生命周期的空间、业务信息的全面整合与关联集成。以 IFC 为代表的建设工程信息模型标准和以 CityGML 为代表的 3D GIS 信息模型标准都对城市空间信息进行了定义。IFC 侧重于单体建筑工程建

筑、结构、设施等多专业信息的整合共享,而 CityGML 主要从地理空间角度对道路、隧道、桥梁、建筑、管线等建筑物进行定义,二者涉及领域和技术特性各异,因此需要结合建设工程业务应用需求和 3D GIS 平台空间信息表达和渲染的技术特性重新定义建设工程信息模型。VAN BERLO 等建立的 GeoBIM ADE 模型基于 CityGML 应用领域扩展模型实现了对建筑信息模型的扩展定义,并应用到开源模型服务 BIMServer 中^[2]。本文在借鉴 GeoBIM ADE 基础上进行进一步扩展,增加了对道路管线等市政设施的扩展模型 GeoInfra ADE。

GeoBIM ADE 和 GeoInfra ADE 信息模型如图 2 所示(见封 3)。通过继承 CityGML 核心类 CityObject,实现对建筑(AbstractBuilding)、道路(Road)、管线(Pipe)工程对象扩展定义,通过继承 CityGML 核心类 Feature、MultiSurface,实现对门(Door)、窗(Window)、楼梯(Stair)、栏杆(Railing)、路段(RoadSegment)、交叉口(RoadCross)、横断面(RoadHDM)、纵断面(RoadZDM)、供水管线(GS)、排水管线(PS)等建筑工程详细信息几何属性定义;通过划分建筑工程对象 LOD 级别,实现对空间对象的多细节层次管理,如在 GeoBIM ADE 中,ifcRoofSurface 表示建筑屋顶表面,属于 LOD2 级别,ifcInteriorWallSurface 则表示建筑室内墙面,属于 LOD4 级别。

2.2 CAD/BIM 模型要素服务

自定义的 CAD/BIM 模型要素服务是在线集成

框架的服务基础,通过读取建设工程 CAD/BIM 数据并将其转换为建设工程信息模型(GeoBIM, GeoInfra),为 3D GIS 在线集成应用客户端提供建设工程信息数据来源。国外相关研究已实现了 CAD/GIS、BIM/GIS 几何、属性数据和地理参考坐标的转换,并开发了成熟的商业软件^[3-6]。在 CAD/BIM 数据格式转换层面,目前最大挑战来自于 BIM 数据的高复杂度和大数据量^[3,4]。

本方案基于 FME 的数据映射工具实现 CAD/BIM 模型要素服务的定义与封装。CAD/BIM 模型要素服务遵守在线网络语言标准 4(OWL4),参照 WFS、WFS-T 服务接口标准,提供 GetCapabilities、GetFeatureInfoModel、PostFeatureInfoModel 3 个主要服务接口。GetCapabilities 提供对服务元数据资源的访问接口,调用该接口将返回一个包含服务元数据文档的响应文件,元数据主要包括数据提供商、数据内容、数据版本、数据范围、坐标系等内容,在建设工程 CAD/BIM 文件常采用施工坐标系,通过在元数据信息中定义坐标转换参数,实现 CAD/BIM 施工坐标系和 GIS 地理空间坐标系的统一;GetFeatureInfoModel 提供对具体工程信息模型数据的访问接口,用户通过输入关键字等条件搜索数据,服务返回符合 GeoBIM、GeoInfra 标准的响应文件;PostFeatureInfoModel 接口通过事务方式提供对建设工程信息模型的更新。

2.3 CAD/GIS/BIM 在线集成客户端

CAD/GIS/BIM 在线集成客户端基于自主研发的平台(3D GIS)进行二次开发,平台支持用户对复杂的虚拟地理环境中三维城市对象和景观模型的创建、编辑、管理;支持 dwg、dxf、3dx、shp 等常见文件格式;支持基于 LOD 的大规模三维场景的动态调度和高效渲染。在线集成客户端框架的主要组件如图 3 所示。网络服务适配器组件实现对 OGC WMS/WCS/WFS 标准服务、OGC W3DS 扩展服务和 CAD/BIM 模型要素服务的识别与访问,进而利用 3D 绘制引擎和 3D 分析引擎实现二三维 GIS 数据的叠加、展示和查询分析应用;对于建设工程信息模型,通过参数化驱动建模引擎实时将建筑工程信息模型构建为三维可视化模型,进而开展建设工程在三维场景中的集成和全生命周期应用。

基于上述在线集成框架,客户端在线访问 CAD/BIM 数据的过程为:1)通过 GetCapabilities 接口搜索到符合条件的数据服务目录;2)目录服务返回 BIM/CAD 数据 URL 及查询字符串,根据查询字

符串将提取相应的信息要素;3)用户在客户端输入查询字符串,后台程序发送 GetFeatureInfoModel 的 BIM/CAD 要素服务请求;4)GetFeatureInfoModel 服务根据请求提取相应要素并发送给客户端,采用 zip 方式进行压缩;5)客户端获取数据,基于参数化驱动建模引擎进行实时绘制。

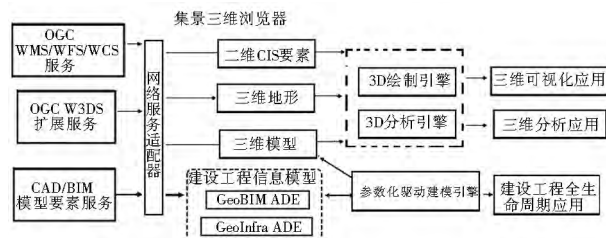


图 3 CAD/GIS/BIM 在线集成客户端
Fig. 3 CAD/GIS/BIM online integration client

通过客户端在线修改 CAD/BIM 信息的过程为:

- 1)用户在客户端修改信息模型的参数,如道路平面线型、建筑门窗尺寸等;
- 2)用户上传修改后的信息模型;
- 3)客户端根据上传操作,对信息模型数据进行数据打包编码,并发送 PostFeatureInfoModel 的 WFS 服务请求;
- 4)接收到 Post 请求,创建一个新的要素模型;
- 5)服务上传 GetCapabilities 定义;
- 6)OGC 目录服务根据该定义提供该要素服务的元数据;
- 7)用户可以根据目录服务访问到修改后信息模型要素。

3 应用实践

3.1 大范围场景数据集成

CAD/GIS/BIM 在线集成框架应用的典型方面是分布式建设工程数据在大范围三维地理空间场景的实时加载和无缝集成。3D GIS 已经实现室外地形地貌、建构筑物的空间展示,但并不包含这些人工设施的语义信息。通过建设工程信息在 3D GIS 的实时加载和集成,为传统数字城市提供了高精度工程级别空间和语义信息。本文在重庆主城区开展了分布式 CAD/BIM 数据在大范围场景的集成应用示范,数据格式、范围、服务和模型如表 1 所示。图 4a、图 4b 为建筑 BIM 模型在三维地理空间环境的集成效果;图 4c、图 4d 分别为 CAD 管线数据、道路设计数据集成效果。基于建设工程语义和空间信息集成成果,可开展建筑、管线、道路等设施的语义化查询分析。例如,在 3D GIS 浏览器中实时查看建筑室内空间结构、道路管线及附属设施的空间及语义信息,可以分层、分构件查询、展示、统计建筑内部信息;可以实时统计路段长度、车道数量、附属设施数量等信息。结合 GIS 的地理模拟与空间分析特性,还可进一步拓展建设工程全生命周期应用。

表 1 大范围数据集集成示范
Table 1 Data integration demonstration in large range

数据内容及格式	数据范围	发布服务	信息模型
三维城市模型(LOD3)	650 km ²	OGC W3DS 扩展	OGC CityGML
三维数字地形	3 000 km ²	OGC WMS	OGC GML
建筑信息模型(. ifc)	10 栋	CAD/BIM 模型要素服务	GeoBIM ADE
管线数据(. dxf)	100 km	CAD/BIM 模型要素服务	GeoInfra ADE
道路设计数据(. dxf)	6 km	CAD/BIM 模型要素服务	GeoInfra ADE

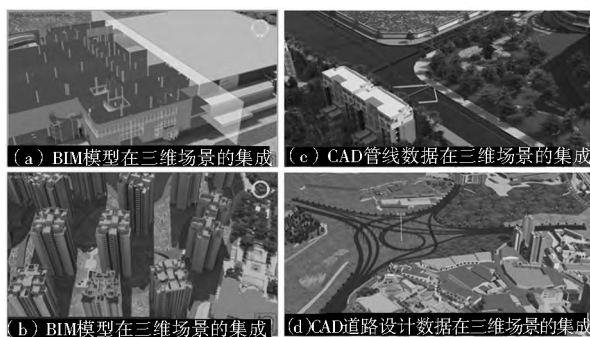


图 4 CAD/ BIM 数据在 3D GIS 场景中的集成展示
Fig. 4 Integration and simulation of CAD/BIM data in 3D GIS scenes

3.2 全生命周期管理应用

在建设工程领域, BIM 已在工程深化设计、建筑系统性能和持续性设计分析、4D 施工模拟中开展了大量应用, 其在设计、施工阶段的优势和潜力得以体

现^[10-14]。通过开展 BIM、CAD 和 GIS 的集成应用, 充分发挥 GIS 在地理模拟、空间分析中的优势, 有助于进一步拓展建设工程全生命周期信息集成管理应用链。在项目规划阶段, 基于集成方案周边建筑、道路、地形、管线等地理空间数据的 3D GIS 软件, 结合 GIS 缓冲分析、叠加分析、地形地貌分析等功能开展场地使用条件评估和分析, 有助于开展科学选址规划(图 5a); 在方案论证阶段, 基于三维数字地形可视化与编辑功能, 在三维地理空间环境下开展方案的草绘、参数化交互式设计与日照分析、通视分析等 3D 模拟分析, 通过将初步论证研究结果导出为 BIM/CAD 格式, 为开展深化设计、建筑系统分析、4D 施工模拟等设计、施工管理工作提供初步成果数据(图 5b、图 5c); 在项目运营阶段, 通过在 3D GIS 软件中集成 CAD/BIM 建筑工程深化设计成果(空间信息、设备参数等), 为设备运营维护提供可视化支撑, 通过和室内定位、门禁系统、监控系统、结构安全监测系统等进行动态集成, 实现项目智能化运营管理; 基于室内外一体化集成信息的路线分析、缓冲分析功能, 为制订疏散救援应急预案、灾害发生后快速获取设备状态信息, 开展应急救援指挥等应用提供支撑(图 5d)。

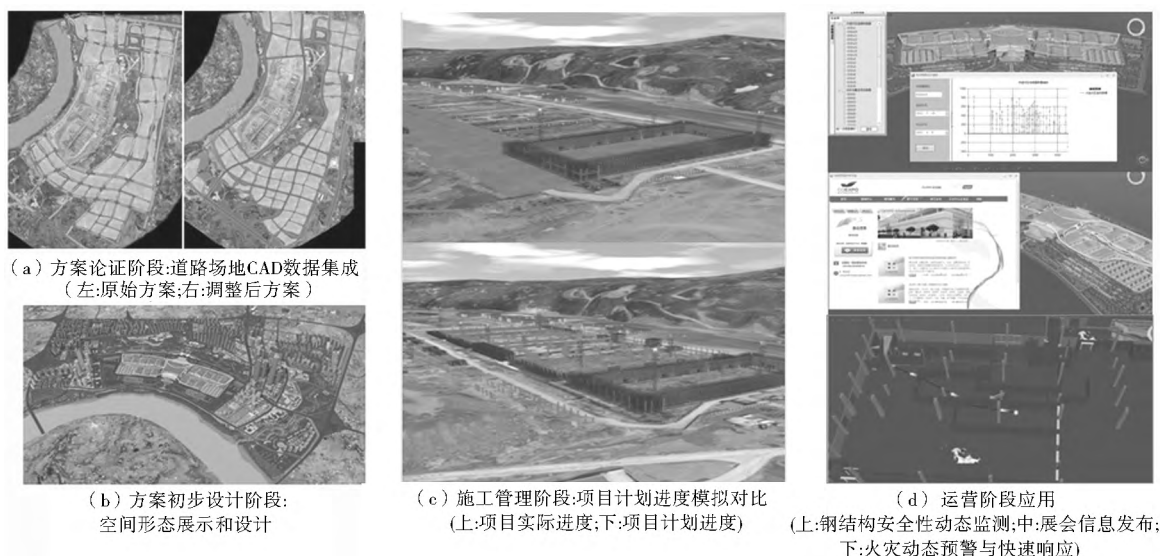


图 5 建设项目全生命周期应用实践
Fig. 5 Project life-cycle management application

4 结论与展望

针对建设工程全生命周期管理应用的需求, 本文提出了面向服务的 CAD/GIS/BIM 在线集成框架。以扩展 OGC CityGML 建立的建设工程信息模型为核心, 设计了 CAD/BIM 模型要素服务和在线集成客户端, 通过应用实践验证了该技术框架的可行性。通过开展 CAD/GIS/BIM 在线集成和应用, 一方面

为三维数字城市补充了建设工程语义化、结构化空间数据, 为数字城市向智慧城市发展提供了丰富的数据来源; 另一方面结合建设工程全生命周期应用管理的需求, 综合利用 GIS、CAD/BIM 的技术特点和优势, 拓展了信息集成应用的链条, 探索了测绘地理信息和建设工程领域深度融合的技术前景。模型多细节层次数据转换, BIM 数据发布转换中的语义丢失和集成分析效率是在实践过程中遇到的主要瓶

颈。下一步拟采用云计算架构提高协同计算和分析能力,促进框架在建设工程领域的应用推广。

参考文献:

- [1] LAPIERRE A, COTE P. Using Open Web Services for urban data management: A testbed resulting from an OGC initiative for offering standard CAD/GIS/BIM services [A]. Annual Symposium of the Urban Data Management Society[C]. New York: Taylor & Francis, 2007. 381—393.
- [2] DE LAAT R, VAN BERLO L. Integration of BIM and GIS: The Development of the CityGML GeoBIM Extension [M]. Berlin Heidelberg: Springer, 2011.
- [3] HIJAZI I, EHLERS M, ZLATANOVA S, et al. IFC to CityGML transformation framework for geo-analysis: A water utility network case [A]. 4th International Workshop on 3D Geo-Information [C]. Ghent: Taylor & Francis, 2009. 121—125.
- [4] ISIKDAG U, ZLATANOVA S. Towards Defining a Framework for Automatic Generation of Buildings in CityGML Using Building Information Models [M]. Berlin Heidelberg: Springer, 2009.
- [5] BORRMANN A. From GIS to BIM and back again—A spatial query language for 3D building models and 3D city models [A]. 5th International 3D Geoinfo Conference [C]. Berlin: Springer, 2010. 11—13.
- [6] STOTER J, VOSSelman G, GOOS J, et al. Towards a national 3D spatial data infrastructure: Case of the Netherlands [J]. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 2011, 21 (6): 405—420.
- [7] 朱庆. 三维 GIS 及其在智慧城市中的应用 [J]. 地球信息科学学报, 2014, 16(2): 151—157.
- [8] 李德超, 张瑞芝. BIM 技术在数字城市三维建模中的应用研究 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2012, 18(1): 47—51.
- [9] 薛梅. 一种建筑信息模型与三维数字城市集成方法 [J]. 地理信息世界, 2014, 21(5): 49—51.
- [10] 朱庆, 吴波, 钟正. 三维 GIS 与公路 CAD 的集成 [J]. 中国公路学报, 2006, 19(4): 1—6.
- [11] 蔡知勇. 基于 4D-BIM 的施工资源动态管理与成本实时监控 [J]. 建筑知识(学术刊), 2013, 32(B09): 225—225.
- [12] 韩维纲. 基于信息技术进步及管理模式创新的 BIM 应用与发展方向 [J]. 福建建材, 2013, 17(1): 17—19.
- [13] 刘晴, 王建平. 基于 BIM 技术的建设工程生命周期管理研究 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2010, 12(3): 40—45.
- [14] 李恒, 郭红领, 黄鑫. BIM 在建设项目中应用模式研究 [J]. 工程管理学报, 2010, 24(5): 17—19.

A Framework for CAD/GIS/BIM Online Integration in Project Life-Cycle Management

XUE Mei, LI Feng

(Chongqing Survey Institute, Chongqing 400020, China)

Abstract: Aiming at integrating heterogeneous urban spatial information sources from architecture, engineering, construction industry and GIS industry, a CAD/GIS/BIM framework is discussed in this paper. Construction project information model, which contains the spatial and semantic information of building, pipeline and road project, is defined by extending CityGML. CAD/BIM feature services are defined and realized to support online access and editing of construction project information models. 3D GIS client is developed to access and integrate CAD/BIM features in 3D GIS scene. Project life-cycle management applications based on the framework realize integration, simulation, analysis of CAD/BIM information in large extent 3D geographic scene and support designing, construction and operation management of construction projects.

Key words: BIM; CAD; online integration; life-cycle

(上接第 29 页)

Change Classification and Detection of Hydrographic Objects from Maps of Different Scales

WANG Xiao-mi¹, ZHAO Bin-bin^{1,2}, DENG Min¹, PENG Dong-liang¹

(1. Department of Surveying and Geo-informatics, Central South University, Changsha 410083; 2. School of Traffic and Transportation Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: Hydrographic object is one of the most important types of features in a map and has high influence on economic development. Therefore, the change detection of hydrographic objects is studied in this paper. In order to detect changes of hydrographic features in maps at different scales, first, related research on change classification for spatial objects is reviewed. Second, change types of hydrographic objects are classified into two categories which including 4 and 9 types, respectively: 1) for linear hydrographic objects: appear, disappear, lengthen and shorten; and 2) for areal hydrographic objects: appear, disappear, shrink, expand, move, rotate, split, unite, split and unite. Third, taking cartographic generalization into account, change type identification rules are adopted to distinguish real changes and cartographic generalization operation. Finally, two sets of hydrographic features at scale 1 : 2 000 and 1 : 10 000 respectively are used to verify the rules and methods for change type identification. Experimental results show the proposed approach is effective and accurate to detect changes of hydrographic features between different scale maps.

Key words: change detection; scale; currency; hydrographic objects

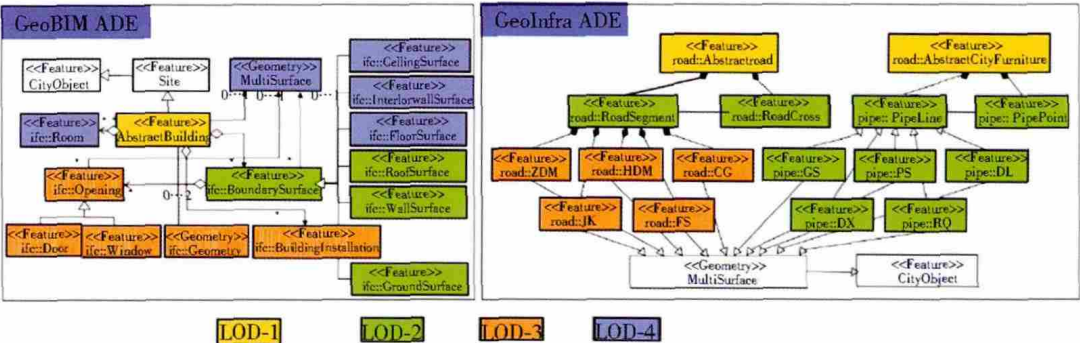


图 2 GeoBIM ADE 和 GeoInfra ADE 的 UML 图
Fig. 2 UML diagrams of GeoBIM ADE and GeoInfra ADE

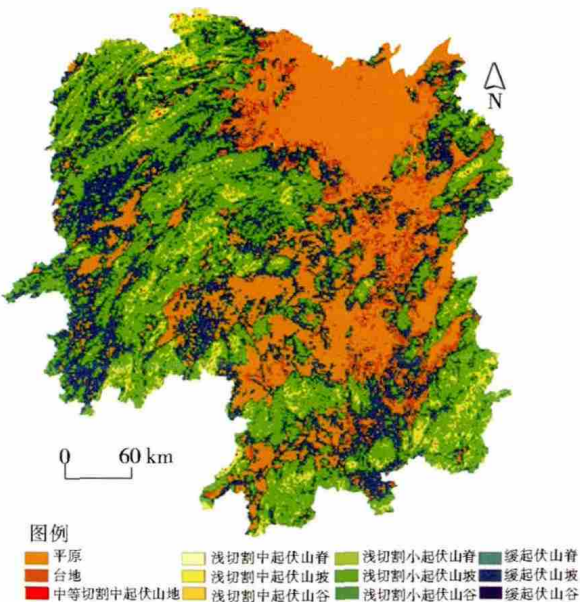


图 3 湖南省地貌形态类型
Fig. 3 Geomorphology taxonomy of Hunan Province

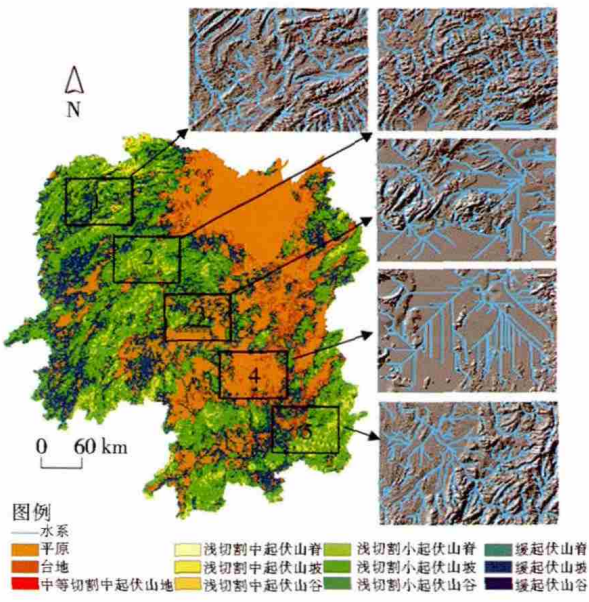


图 4 小流域分布
Fig. 4 Distribution of testing watersheds

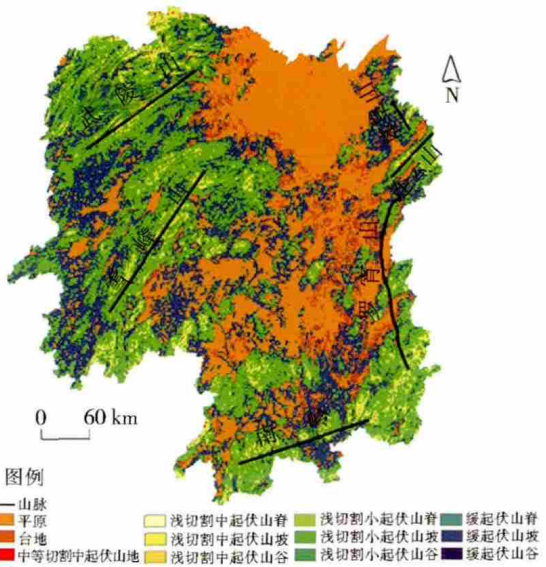


图 5 湖南省山脉分布
Fig. 5 Distribution of mountains in Hunan Province



图 2 试验区 2014 年景观类型分布
Fig. 2 Landscape type map of test area in 2014