

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2019.01.12

地质灾害无人机调查数据管理云平台建设

马娟, 张鸣之, 韩冰, 黄喆, 石爱军, 薛跃明
(中国地质环境监测院, 北京 100081)

摘要: 随着移动通信、无人机、计算机网络等技术的快速发展,野外数据采集 PAD、无人机遥感、云计算等新技术、新方法在地质灾害调查中被广泛应用。然而,在实际应用过程中也出现一些新的问题,如大数据传输与存储效率低,高精度海量遥感影像流程化处理过程繁琐,三维模型生成及可视化效果不佳等。针对上述问题,本文基于云数据库、云服务器等大数据存储及处理技术构建地质灾害无人机调查数据管理云平台,开发适用于大疆系列微型无人机的航线控制系统,实现无人机高分遥感海量数据全流程化一键式处理,快速生成地质灾害体高精度遥感影像及三维模型,并通过云服务器自动发布并提供在线可视化服务,本文研究成果极大地提高了地质灾害调查工作的效率和精度。

关键词: 云平台;地质灾害调查;无人机;一键式;三维模型

中图分类号: P642; V279⁺.2

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2019)01-0100-06

Cloud platform construction for geological hazards' data from UAV survey

MA Juan, ZHANG Mingzhi, HAN Bing, HUANG Zhe, SHI Aijun, XUE Yueming
(China Institute for Geo-Environment Monitoring, Beijing 100081, China)

Abstract: With the rapid development of mobile communication, unmanned aerial vehicles (UAV), computer networks and other information technologies, new methods, such as field data acquisition PAD, UAV remote sensing and cloud computing are widely used in geological hazard investigation. However, there are some new problems encountered in the practical application, such as inefficiency of massive data transmission and storage, cumbersome processing for high-precision remote sensing image, ineffective generation and display of three-dimensional model. In view of the above problems, this paper elaborates construction of cloud platform, which is based on massive data storage and processing technology, such as cloud database and cloud server, for geological hazards' data from UAV survey. A route control system for Dajiang micro-UAV was also developed. The platform enable key processing of massive high-resolution RS data and rapid generation of high-resolution RS image, as well as 3D model. Online visualization service is provided by the cloud automatically-publishing server. This platform greatly improves the efficiency and precision of the geological hazard investigation work.

Keywords: cloud platform; geological survey; UAV; key processing; 3D model

0 引言

传统地质灾害野外调查通常使用的是地质锤、罗盘和放大镜“三大件”,在地质灾害调查的过程中经常

遇到无法到达或不便到达灾害现场重点及核心区域的情况,一般通过目视法进行灾害点调查,缺乏有效数据支撑。为了改变这种受制约的调查方式,中国地质环境监测院李媛博士提出了新时期地质灾害调查“新三

收稿日期: 2018-03-30; 修订日期: 2018-06-04

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目: 全国地质灾害信息系统建设与服务 (DD20160273)

第一作者: 马娟 (1983-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为地图学与地理信息系统。E-mail: majuan@mail.cigem.gov.cn

通讯作者: 张鸣之 (1981-), 男, 学士, 高级工程师, 主要研究方向为水工环信息化。E-mail: zhangmzh@mail.cigem.gov.cn

大件”,微型无人机、野外数据采集 PAD 和云平台^[1]。通过微型无人机(Micro unmanned aerial vehicle)快速获取地质灾害体及其周边小范围厘米级高精度遥感影像,提高了地质灾害边界范围划分、变形部位、承灾体类型和空间分布等野外调查的工作精度和效率,再结合早期遥感影像数据,可以对地质灾害体形变等进行时空对比,为迅速调查清楚地质灾害体的孕灾环境,提供客观的数据支撑^[2-4]。

随着无人机硬件系统性能的不断提升、新型传感器技术的快速发展,海量遥感图像数据存储,自动、高速、高质量的处理以及 web 端人机交互服务成为 UAV 遥感在地质灾害调查应用的瓶颈^[5]。笔者所在的团队在数次处理无人机调查数据时发现,现有的无人机处理数据存在如下问题:

(1) 数据处理过程繁琐。通常需要 Smart3D、ArcGIS 等专业软件配合使用,才能生成数据使用部门所需的成果格式和完成一些基本几何量的量算工作。

(2) 数据处理器配置要求高。由于生成的数据产品中相当大的一部分是三维数据,需要进行纹理贴片工作,这对处理机器的 GPU、CPU 能力是一个挑战,需要配备专门的工作站来进行数据处理。

(3) 数据量处理耗时长。处理一个面积约 5 km² 的泥石流沟数据,照片数量 1 465 张,2 台工作站并行计算,配置在 CPU1.7 GHZ(2 处理器),32 G 内存,显卡 NVIDIA QuadroM4000GPU,生成 DOM、DSM 和三维模型,耗时长达 10 天。

针对目前地质灾害无人机调查数据处理存在问题,笔者所在团队依托国家地质调查计划项目“全国地质灾害信息系统建设与服务”,基于云计算^[6-7]、GIS^[8]及大数据管理^[9]等技术,研发出一套地质灾害无人机调查数据管理云平台,该平台提供由地质灾害数据采集、存储、显示、分析、集成到产品数据发布一体化无人机数据处理云平台解决方案,在四川雅安、陕西镇安一些重要地质灾害点调查中进行了试点运用,取得了较好的效果。

1 设计原则

地质灾害无人机调查数据管理云平台的设计原则首先考虑的是大数据背景,无人机在参与地质灾害调查的过程中生产出的数据量是前所未有的,平均调查一个地质灾害点(1 km²)能产生 1G 的遥感图像数据,生成 2G 的数据产品。设计开发高性能的地质灾害无人机调查数据管理云平台是海量遥感图像数据的计算、存储和在线浏览的关键。其次云平台要方便易用、

安全可靠、性能稳定,具备良好的扩展性和兼容性,它所生产的数据产品能够容易为其他系统调用^[10]。

2 总体架构与功能实现

根据本次云平台的需求分析及设计原则,建立了地质灾害无人机调查数据管理云平台,为无人机数据全流程一键式处理提供了集大数据存储、管理、处理、服务于一体的工作平台。

2.1 总体架构

地质灾害无人机调查数据管理云平台的总体架构如图 1 所示。

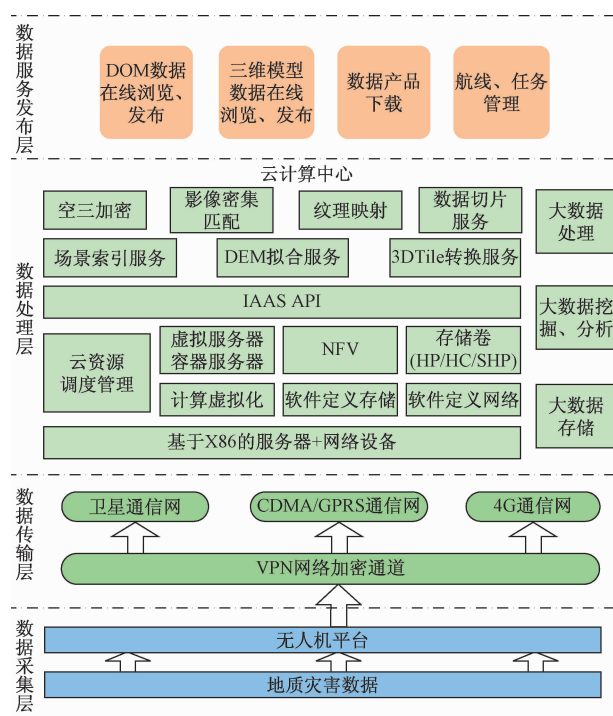


图 1 云平台总体架构图

Fig. 1 Diagram of the cloud platform framework

(1) 数据采集层

该层以微型无人机为采集端,使用自主研发的微型规划软件,即后文所提到的微型无人机航线控制系统进行具有地理坐标信息的无人机影像数据、飞行视频数据采集。

(2) 数据传输层

主要包括卫星通信网络、CDMA/GPRS 网络以及 4G 通信网。充分利用已建成的国土资源卫星网,依托公共网络资源,搭建地质灾害无人机调查数据云平台的数据传输网络,实现无人机采集数据从地面控制端至云计算中心的数据传输。

(3) 数据处理层

本次采用的云资源是青云,通过计算虚拟化、软件定义网络和软件定义存储来管理调度相应的 IT 基础资源;通过 P2P 集群架构和基于社区的机器人技术来实现对资源申请的自动调配对故障的自动化处理;所有的基础架构服务都以 API 方式进行访问^[11]。该层主要实现空三加密、影像密集匹配、纹理映射等数据计算,以及数据切片、场景索引、DEM 拟合、3D Tile 转换等服务。

(4) 数据服务发布层

主要是实现二、三维数据产品的在线浏览、发布以及下载,并支持航线、任务的在线管理。

无人机调查工作流程图如图 2 所示,微型无人机平台配备图像采集、传输设备,进行空中图像数据采集,然后通过便携卫星终端、车载卫星指挥系统或 TD-LTE 和 FDD-LTE 网络将数据上传至云平台,经过一键式云平台计算处理后将生成的数据产品广播或推送至指挥中心显示平台、野外移动应用终端以及各类办公系统,同时提供在线浏览及产品下载。

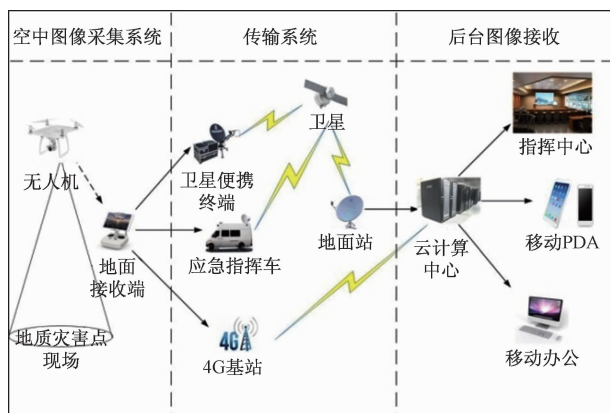


图 2 无人机调查工作流程图

Fig. 2 Working process of unmanned aerial vehicle survey

2.2 功能实现

地质灾害无人机调查数据管理云平台核心的功能主要有数据管理、数据处理、数据发布,系完全自主研发。功能设计如图 3 所示。

(1) 数据管理

数据管理功能主要是指用图解的方式对用户下所有数据情况统计,使得用户及时全面掌握数据处理完成情况,实现对数据实时控制和管理。其中用柱状图的方式显示灾害点数量、图片数量、录像数量,用饼状图的方式显示灾害点处理状态数量统计,待处理、排队中、正在处理、处理完成、处理错误每种状态数量。

(2) 数据处理

数据处理功能是云平台的主体部分,主要是指用户

便捷实现自动化全流程一站式数据处理,用户可在数据处理过程中查看某处灾害点数据的处理状态。处理过程包括,添加灾害点、上传带有地理坐标信息的无人机拍摄影像、选择需要生成的产品类型、利用空中三角测量加密技术、图像拼接技术等,自动进行空三加密、影像密集匹配、纹理映射,生成四种数据产品正射影像图、数字表面模型、三维模型、点云模型,期间无需任何人工干预,全程自动化,极大简化了数据处理流程。

(3) 数据发布

数据发布功能是指数据成果的在线浏览、下载及量算功能。数据处理完成后自动生成一份处理报告,生成的处理报告、正射影像图、三维模型均可在线查看和下载,其中三维模型还提供灾害体几何量辅助量算、剖面线绘制、体积估算等功能,极大方便了用户进行数据分析。

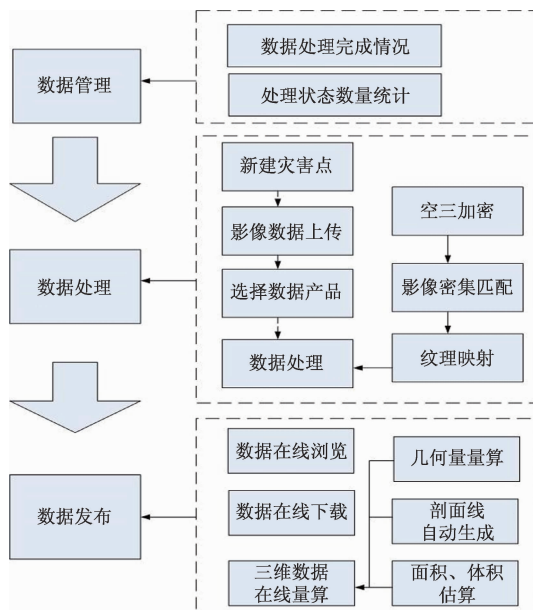


图 3 功能模块框图

Fig. 3 The diagram of function module

3 云平台开发与应用

3.1 云服务器构建

本次研发使用的是青云 (QingCloud),共配置三台虚拟主机及 4 个节点处理引擎,分别用于部署 Web 服务、iTelluro Server 服务、文件服务及图形处理引擎,青云具有如下优点^[12-13]:

(1) 高度可扩展能力

青云平台提供了真正意义上的水平扩展能力,没有中心节点,可以按需增加计算资源和存储资源。

(2) 动态资源调整

通过虚拟化技术可以实现硬件资源的整合池化,青云平台所分配的计算、存储和网络资源都可以根据需求动态地调整,从而达到整个云计算平台资源的平衡,最合理地利用硬件计算资源,提高 IT 资源的整体使用率。

(3) 数据安全

青云平台从多角度提供了数据安全,不仅是私有网络的二层隔离,角色授权、操作日志、访问日志等机制全方位保护云平台的安全性。

(4) 最可靠的平台

青云平台从底层就提供了数据的多副本,当服务器出现硬件故障时,青云平台可以将该服务器上的负载自动迁移到其他可用的服务器上,保障应用负载在硬件失败时自动恢复。青云平台内部的物理网络都是双冗余配置,以确保物理网络连接的高可用。

节点建议配置如下:

GPU 类型:NVIDIA Quadro M4000

CUDA 核心:1 664 个

显存类型:GDDR5

显存容量:8 GB

显存位宽:256 bit

3D API:DirectX 12,OpenGL4. 5

CPU 核数:四核及以上;

内存:64 G

硬盘容量:512 G 以上 SSD

3.2 云数据库 MongoDB 开发

无人机数据管理云平台采用 MongoDB 数据库。它是一种高性能、可扩展、易部署基于分布式文件存储的数据库;性能高,集群方便,而且以 BSON 结构存储,和 Node.js 完美集成。实时消息模块用的 emqtt,便于用于及时的了解数据的当前状态。除最大限度地保证您的数据安全外,还提供了 Replica Set 节点、自动备份、在线扩容、监控告警等管理功能。数据库核心表 E-R 图如图 4 所示。

3.3 云平台开发

无人机数据管理云平台是一个单页应用,采用前后端分离的思想进行开发的,服务端只提供 restful api 服务,便于移动端集成,前端通过调用 api 接口直接进行数据渲染。前端框架用的是一个 MVC (或者 MVVM) 框架——angular.js,服务端是构建在 Node.js 之上的,服务端 MVC 框架采用的 strongloop。

3.4 微型无人机航线规划系统开发

微型无人机航线控制系统 (IFlier) 是在大疆无人机 IOS/Android 系统的 DJI SDK 开发套件的基础上开发

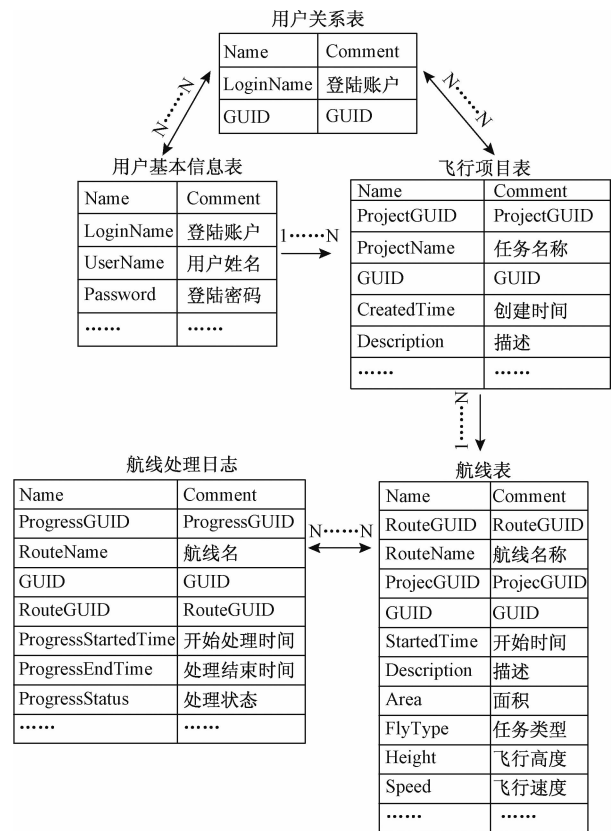


图 4 核心数据表 E-R 图

Fig. 4 E-R diagram of core data tables

的,适用于大疆微型无人机系列机型进行小范围野外地质灾害调查。目前实现功能包括自定义航线、定点拍照实时图传、垂直摄影、倾斜摄影、拍照及快速拼图。通过旋转微型无人机机身及镜头角度实现其倾斜摄影功能。微型无人机航线控制系统简单易学,在空旷场地,空中无障碍物的情况下,规划好航线,一键起飞,一键降落。微型无人机航线控制系统界面如图 5 所示。



图 5 航线规划系统界面

Fig. 5 Interface of route planning system

3.5 应用试验

红岩子滑坡位于四川省汉源县大渡河右岸与西街河交汇带靠上游侧的谷坡上,距瀑布沟电站坝址约

23 km,汉源湖(瀑布沟电站水库)环湖路从滑坡体中下部穿过。据资料,红岩子滑坡在汉源湖蓄水前处于基本稳定状态,蓄水后则在每年水位快速下降时期发生显著变形。瀑布沟电站于2010年后半年开始蓄水,11月开始发电,红岩子滑坡在2011年2月开始发生变形,整体向下运动1~2 m;2012年水库水位下降期间,该滑坡又发生较明显的变形;2013年和2014年的3~5月,该滑坡最大位移量达到约2 m,属于重点监控对象^[14]。

笔者所在团队对该滑坡进行微型无人机调查试点工作,使用的是“大疆精灵3P”微型无人机,配合自主研发的“IFlier”航线控制系统,进行高空无人机倾斜摄影测量,共飞行6架次,处理无人机拍摄影像286张,对无人机数据全流程自动化云平台处理,共耗时5小时,生成的数据产品包括正射影像图(图6)、数字表面模型和三维模型。平台辅助量算结果如下:红岩子滑坡平均坡度约20°,前缘位于瀑布沟电站水库消落带,高程约810 m,后缘为古滑坡形成的陡壁,高程约950 m,滑坡长约600 m,宽约400 m,地形剖面上呈阶梯状(图7),滑体最厚部位厚度超过50 m,平均厚度30 m,据体积量算,滑坡体积约 $7.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ (图8),为一大型滑坡,量算数据与实地人工调查结果完全一致。



图6 DOM在线查看

Fig.6 DOM online view

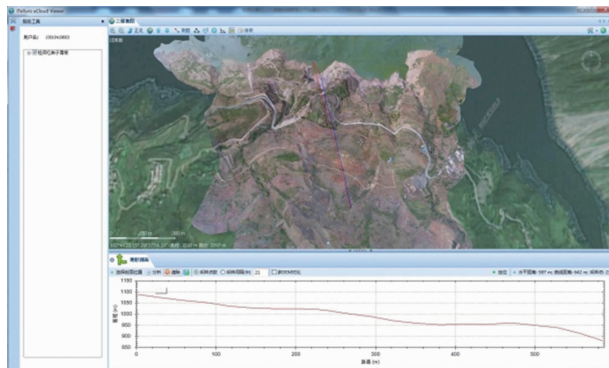


图7 基于三维模型剖面线自动绘制

Fig.7 Automatic drawing of section lines based on 3D model

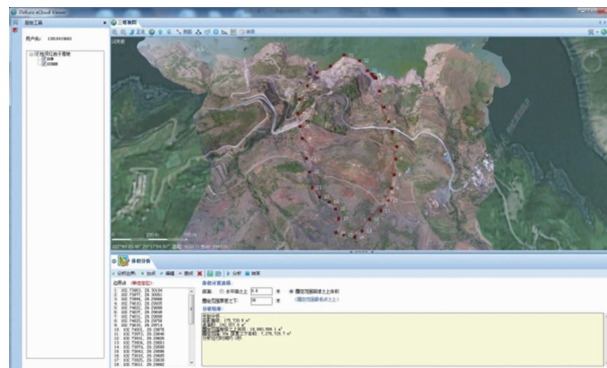


图8 基于三维模型自动体积量算

Fig.8 Automatic volume measuring based on 3D model

4 结语

地质灾害无人机调查数据管理云平台以地质调查人员的手机、PAD与无人机融合为云端设备载体,支持处理具有地理坐标信息的无人机影像数据,“云端”联网实时上传数据,利用云平台计算中心超强的运算能力,高性能GPU配置,生产数字表面模型(DSM)、大比例尺正射影像图(DOM)、三维模型等数据产品,并支持产品在线查看、下载、及三维模型的几何量量算,极大减少了地质灾害调查人员的野外调查工作量,为地质灾害调查提供了详实的数学依据。该平台具体优势如下:

(1)本文所实现的地质灾害调查无人机数据管理云平台在扩展性、稳定性和安全性方面优于传统工作站计算方式。基于青云云服务器搭建的无人机数据管理云平台,解决了原有无无人机数据处理过程繁琐,时间长等难题。

(2)自主研发了一款针对大疆系列微型无人机,可装载在手机和PAD上的航线控制系统,无人机作为云端设备载体,通过旋转机身和镜头的方式达到倾斜摄影测量的目的。

(3)四川红岩子滑坡无人机调查的成功试点,证明地质灾害调查无人机数据管理云平台能够满足地质灾害无人机调查的业务需求,生产出1:1 000正射影像图以及三维模型,并能够实现三维模型在线量算,剖面绘制,具有实时性、智能性和准确性。

武汉地大信息工程有限公司提供了相关材料和技术支持,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] 杨旭东,李媛,佟彬,等. 基于移动3S技术的地质

- 灾害野外调查数据采集系统设计与实现[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2016, 27(4): 93-96.
- YANG Xudong, LI Yuan, TONG Bin, et al. Design and implementation of field data acquisition system for geo-hazards survey based on mobile 3S technology [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2016, 27(4): 93-96.
- [2] 毕凯, 李英成, 丁晓波, 等. 轻小型无人机航摄技术现状及发展趋势[J]. 测绘通报, 2015, (3): 27-31.
- BI Kai, LI Yingcheng, DING Xiaobo, et al. Aerial photogrammetric technology of light small UAV: status and trend of development [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2015, (3): 27-31.
- [3] 臧克, 孙永华, 李京, 等. 微型无人机遥感系统在汶川地震中的应用[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(3): 162-166.
- ZANG Ke, SUN Yonghua, LI Jing, et al. Application of miniature unmanned aerial vehicle remote sensing system to Wenchuan earthquake [J]. Journal of Natural Disasters, 2010, 19(3): 162-166.
- [4] 崔红霞, 林宗坚, 孙杰. 无人机遥感监测系统研究[J]. 测绘通报, 2005(5): 11-14.
- CUI Hongxia, LIN Zongjian, SUN Jie. Research on UAV remote sensing system [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2005(5): 11-14.
- [5] 李德仁, 李明. 无人机遥感系统的研究进展与应用前景[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2014, 39(5): 505-513.
- LI Deren, LI Ming. Research advance and application prospect of unmanned aerial vehicle remote sensing system [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2014, 39(5): 505-513.
- [6] 陈康, 郑纬民. 云计算: 系统实例与研究现状[J]. 软件学报, 2009, 20(5): 1337-1348.
- CHEN Kang, ZHENG Weimin. Cloud computing: System instances and current research [J]. Journal of Software, 2009, 20(5): 1337-1348.
- [7] 李乔, 郑啸. 云计算研究现状综述[J]. 计算机科学, 2011, 38(4): 31-37.
- LI Qiao, ZHENG Xiao. Research survey of cloud computing [J]. Computer Science, 2011, 38(4): 31-37.
- [8] 李清泉, 李德仁. 大数据 GIS [J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2014, 39(6): 641-644.
- LI Qingquan, LI Deren. Big data GIS [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2014, 39(6): 641-644.
- [9] 肖建华, 王厚之, 彭清山, 等. 地理时空大数据管理与应用云平台建设[J]. 测绘通报 2016(4): 38-42.
- XIAO Jianhua, WANG Houzhi, PENG Qingshan, et al. Research on the construction of cloud platform for the spatio-temporal big data management and application [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2016(4): 38-42.
- [10] 陈祖煜, 杨峰, 赵宇飞, 等. 水利工程建设管理云平台建设与工程应用[J]. 水利水电技术, 2017, 48(1): 1-6.
- CHEN Zuyu, YANG Feng, ZHAO Yufei, et al. Construction and engineering application of cloud platform for construction management of water resources project [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2017, 48(1): 1-6.
- [11] 方巍, 文学志, 潘吴斌, 等. 云计算: 概念、技术及应用研究综述[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2012, 4(4): 351-361.
- FANG Wei, WEN Xuezhong, PAN Wubin, et al. Cloud computing conceptions, key technologies and application [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology (Natural Science Edition), 2012, 4(4): 351-361.
- [12] 王佳隽, 吕智慧, 吴杰, 等. 云计算技术发展分析及其应用探讨[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(20): 4404-4409.
- WANG Jiajun, LYU Zhihui, WU Jie, et al. Cloud computing technology development analysis and applications discussion [J]. Computer Engineering and Design, 2010, 31(20): 4404-4409.
- [13] 戴元顺. 云计算技术简述[J]. 信息通信技术, 2010(2): 29-35.
- DAI Yuanshun. The brief review of cloud computing technologies [J]. Information and Communications Technologies, 2010(2): 29-35.
- [14] 韩冰. 雅安地区滑坡灾害监测预警研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2016: 59-61.
- HAN Bing. Research on landslide monitoring and early warning in Ya'an Area [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2016: 59-61.