

引文格式：李涛，毕京学，高愿濡，等. 基于安卓移动端的三维 GIS 服务[J]. 导航定位学报, 2022, 10(3): 160-165. (LI Tao, BI Jingxue, GAO Yuanru, et al. 3D GIS services based on android mobile device[J]. Journal of Navigation and Positioning, 2022, 10(3): 160-165.) DOI:10.16547/j.cnki.10-1096.20220322.

基于安卓移动端的三维 GIS 服务

李 涛^{1,2}, 毕京学², 高愿濡², 王一凡²

(1. 山东省地质测绘院, 济南 250000; 2. 山东建筑大学, 济南 250101)

摘要：三维地理信息系统（3D GIS）服务包括三维模型服务、矢量服务、影像服务和应用服务等多种服务类型。如何在兼顾效率的情况下，使用移动端发布高性能三维地理信息系统服务，并适用于多类、可移动的复杂三维应用场景，是一个巨大的挑战。提出了一种基于安卓移动端发布三维地理信息系统服务的方法。首先，介绍了三维模型服务中三维瓦片的数据标准；然后，设计了几种基于安卓移动端的地理信息系统服务架构。开展了三维地理信息系统服务发布效率对比实验，实验结果表明，与现有基于静态服务中间件恩吉克斯（Nginx）服务发布效率相比，基于安卓移动端的三维地理信息系统服务性能优异，并能满足当前复杂三维应用环境的需求。

关键词：安卓操作系统；移动端；三维模型；地理信息系统

中图分类号：P228 文献标志码：A 文章编号：2095-4999(2022)03-0160-06

3D GIS services based on android mobile device

LI Tao^{1,2}, BI Jingxue², GAO Yuanru², WANG Yifan²

(1. Shandong GEO-Surveying & Mapping Institute, Jinan 250000, China;
2. Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China)

Abstract: 3-Dimension Geographic Information System (3D GIS) services include 3-dimension model service, vector service, image service and application service. Under giving consideration to efficiency and complex mobile environment of 3D applications with multiple scenes, how to release high-performance 3D model services on mobile device is a big challenge. A method of 3D GIS services based on Android operation system for mobile device is presented. Firstly, the 3D tiles data standard in 3D model service is introduced. Then, several frameworks of GIS services based on Android devices are designed. Experiment of service release efficiency is conducted, experimental results show that, compared with the service releasing efficiency of traditional static middleware (Nginx), Android mobile device can release 3D GIS service with excellent performance, and meet the demand of current complex environment of 3D application.

Keywords: Android operate system; mobile devices; 3-dimension model; geographic information system

0 引言

三维（3-dimension, 3D）地理信息数据主要由数字高程模型、卫星影像、普通 3D 模型格式的实体模型和矢量数据组成，3D 数据具有数据量大、

客户端渲染资源消耗多和结构组成复杂等特点^[1-2]，是 3D 地理信息系统应用的基础。现有的 3D 地理信息系统应用客户端存在缓存更新复杂、数据传输慢和渲染消耗资源大等问题^[3]。3D 模型的完全渲染需要等待全部接收整个模型实体数据后加载，

收稿日期：2021-07-13

基金项目：国家自然科学基金项目（42001397）；国家大学生创新创业训练计划项目（S202010430029）；山东建筑大学博士科研基金（XNBS1985）；山东建筑大学大学生开放实验项目（2020yzkf161, 2020yzkf164）。

第一作者简介：李涛（1990—），男，山东济南人，硕士研究生，研究方向为大数据挖掘及 GIS。

通信作者简介：毕京学（1991—），男，山东济南人，博士，讲师，研究方向为室内多源混合智能定位。

无法做到类似切片数据的“走哪看哪”。传统的 3D 数据服务发布一般采用 X86 架构服务器进行发布, 需要专业人员借助阿尔克地理信息系统服务器 (ArcGIS Server) 发布中间件、地理服务器 (geography server, GeoServer) 地图服务发布中间件或恩吉克斯 (Nginx) 数据中间件进行发布^[4]。如果外网使用, 还需要申请公网互联网协议 (internet protocol, IP) 地址, 并制定互联网数据传输安全方案, 给数据使用带来了极大不便。

倾斜摄影数据、建筑信息模型、新型地面模型数据、3D 矢量模型数据和点云数据作为新型 3D 数据载体^[5-6], 在细节丰富度和数据采集效率等方面都具有较大优势。最近几年, 3D 倾斜数据被大范围地应用到了生产实践中, 比如, 房地一体化项目。然而, 随着 3D 数据应用场景的增加、应用环境更加复杂, 3D 数据服务技术已成为阻碍 3D 地理信息系统大范围应用的瓶颈。如何在兼顾效率的情况下, 使用移动端发布高性能 3D 地理信息系统服务, 是一个巨大的挑战。因而, 本文提出了一种基于安卓移动端发布 3D 地理信息系统服务的方法, 以期适用于多类、可移动的复杂 3D 应用场景, 满足日益增长的高性能 3D 地理信息系统服务需求。

1 三维瓦片

3D 瓦片 (3DTiles) 是借鉴传统二维地理信息系统 (geographic information system, GIS) 的网络地图瓦片服务 (web map tile service, WMTS) 规范, 开发的大规模 3D 数据分发标准, 定义了分层数据结构和可交付内容的图块格式, 用于流式传输和大型 3D 地理空间内容渲染, 例如, 倾斜摄影模型、建筑信息模型和点云等。3DTiles 数据格式由 glTF 格式模型数据发展而来, glTF 格式模型数据主要为了解决 3D 模型的快速渲染问题, 它不使用面向对象的思维存储 3D 模型和贴图纹理, 而按照方便显卡数据处理方式存储模型数据, 进而让渲染的效率更高^[7], glTF 的结构如图 1 所示。



图 1 glTF 结构

严格来讲, 3DTiles 是一种规范, 资源文件可以是散列的文件目录, 也可以是以二进制存储的数据库文件。目前, 3DTiles 官方只发布了基于散列文件实现, 但是国内已经出现了基于斯克莱特 (SQLite) 数据库和蒙戈德布 (MongoDB) 数据库的实现。

3DTiles 数据标准不记录单个模型数据, 只记录各级瓦片的逻辑关系, 以及瓦片自身的属性信息。模型数据指的是 3D 模型的顶点、贴图材质、法线和颜色等信息。逻辑关系是指各级瓦片是在空间中如何保持连续的和多层次细节 (levels of detail, LOD) 是如何组织的。

1.1 普通模型向 3DTiles 格式模型的转换方法

普通的 3D 模型大部分是从易于编辑的角度对内容进行组织的, 例如 obj 格式 3D 模型, 其内部组织形式依靠文本编辑器就可查看, 判读也非常简单, 找到三角面信息后, 根据组织信息即可大致分析其内部构成情况。但是对于 3D 渲染引擎而言, obj 格式的 3D 文件是不利于渲染的, 3D 引擎需要先读取 obj 3D 信息, 然后进行转义后才能在计算机中进行渲染展示, 这就大大加重了 3D 引擎的渲染负担, 所以将普通 3D 模型转换为 3DTiles 标准模型是 3D 模型使用的必要步骤。

将普通 3D 模型转换到 3DTiles 格式模型有许多工具, 国内比较成熟的转换工具有北京西部世界公司的凯西乌姆·拉布 (CesiumLab) 转换工具和北京超图软件股份有限公司的超图 (SuperMap) GIS10i^[8] 软件。模型转换的基本原理为普通模型文件转换成二进制 glTF, 作为文件体的一部分, 与文件头、特征表和批次表共同组成瓦片数据批量 3D 模型 (batched 3D model, b3dm) 文件, 然后利用特定组织文件组织 b3dm 相关资源, 构成一个散列的 3DTiles 文件^[7]。

1.2 3DTiles 数据的发布方法

3DTiles 数据的发布比较简单, 只需把 3DTiles 散列文件放入 Nginx 的发布目录, 然后根据客户端设置 Nginx 的相关跨域配置即可。以 Cesium.js 3D 框架的 3D 模型服务使用为例, 所有客户端的资源请求都由客户端发起, 用户引入 3D 引擎基础资源后请求 3DTiles 的贾瓦·斯克里普特根节点对象简谱 (JavaScript object notation, JSON) 文件即可。

2 安卓服务器及 3D 地理信息系统服务

安卓服务器 (Android server, AndServer)^[8] 是

基于安卓操作系统的网络资源发布中间件，能够提供静态资源发布服务和动态接口服务，可以满足 3D GIS 服务发布需要，目前已经在吉特·哈伯（GitHub）平台上实现了开源。越来越强大的安卓移动设备数据存储和处理能力使得 AndServer 作为一款 3D 地理信息系统服务发布中间件来使用。基于 AndServer 的 3D 地理信息系统数据发布服务框架如图 2 所示，AndServer 提供数据服务和应用资源，并使用负载均衡中间件对 AndServer 的服务能力进行增强扩充。

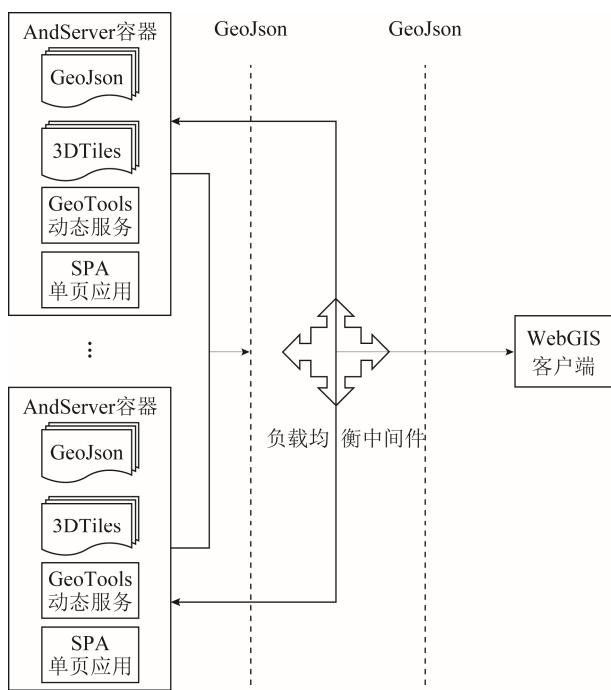


图 2 基于 AndServer 数据分发框架

2.1 AndServer 发布 3DTiles 资源和 3D 地理信息系统应用服务

AndServer 可以发布 3D 模型资源，也可以发布 3D 地理信息系统应用服务，特别是单页应用程序（single-page application, SPA）应用，不但可以方便安卓操作系统上的万维网（world wide web, Web）应用调试，而且可以减少服务端逻辑运行负载。如图 3 所示，手机可以作为 3D 模型资源服务器和 3D 地理信息系统应用服务器，使用者把编译好的单页应用程序部署文件和 3D 模型切片散列文件放到 AndServer 发布目录内即可^[9]。

2.2 AndServer 发布 3D 地理信息系统分析服务

开源 GIS 工具包（GeoTools）是一个开源的用于提供空间分析的贾瓦（Java）程序库。基于 AndServer 的动态服务接口，在完成 3D 模型数据发布和 3D 地理信息系统应用服务发布的基础上，

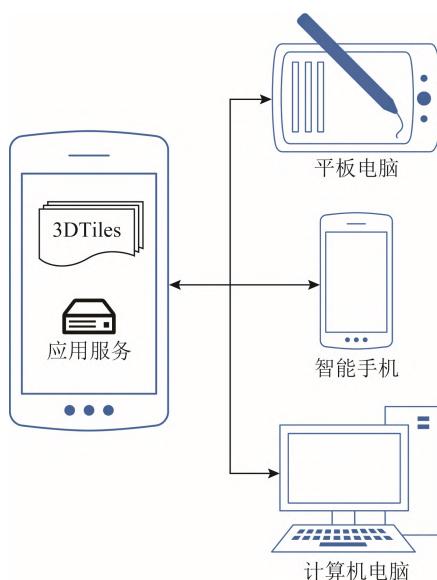


图 3 三维模型和应用服务

使用 GeoTools 可以实现基于 AndServer 的数据分析，此功能类似于 ArcGIS 的地理数据处理服务。AndServer 的相关配置完全采用标准包管理工具和标准的注解规范，所以在 GeoTools 引入和使用上也非常方便，GeoTools 的处理结果可以通过伊森（Json）格式数据传输到客户端，以保证数据在服务端和客户端的标准传输。如图 4 所示，在 3D 地理信息系统客户端，借助客户端的空间地理数据处理能力对读取的矢量数据再次进行相应分析处理工作，并把修改或分析过的地理信息数据传回到 AndServer 服务器的动态接口，完成存储或进行进一步的分析工作，从而在业务逻辑上形成一个闭环^[10-11]。

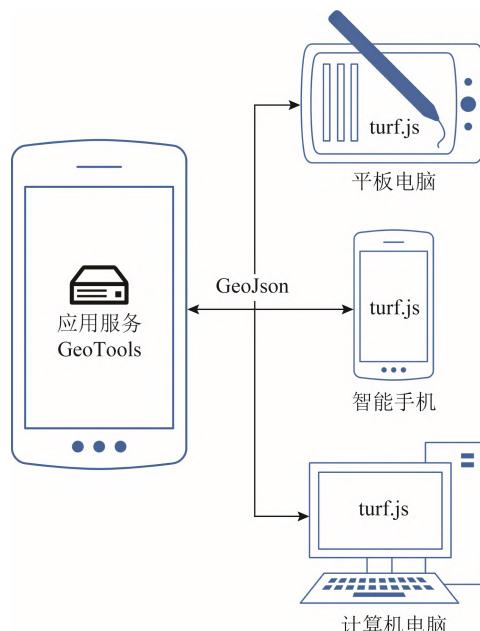


图 4 GIS 分析服务

2.3 AndServer 的矢量服务发布能力

传统的矢量服务通常依赖于服务端的数据库处理能力, 虽然在大数据量的使用上存在优势, 但同时也带来了服务端臃肿和服务条件苛刻等问题。现在使用最多的开放地理信息空间联盟(Open Geospatial Consortium, OGC)的网络要素服务(web feature service, WFS), 采用的是可拓展标记语言(extensible markup language, XML)格式的数据传输方案, 在网络传输上存在一定的数据冗余。基于3D地理信息系统应用的客户端处理能力, 可以在服务端借助AndServer部署一个静态矢量数据资源服务, 发布静态的矢量数据, 利用客户端的矢量数据管理能力来加载静态矢量数据。客户端可以在读取矢量数据后, 把相应矢量信息加载到3D场景中, 而且可以在加载的过程中设置矢量数据的符号样式等属性^[12]。

2.4 AndServer 的分布式服务网络

对于大体积和高并发的资源请求, 多个AndServer可以组成一个分布式服务网络, 从资源拆分和负载均衡的角度来优化资源服务。结合AndServer的动态服务接口, 可以使用心跳机制来监测服务节点的健康状况, 让宕机的服务节点退出服务网络, 并实时更新服务节点列表^[13]。通过AndServer的负载均衡能力, 可以大大缩减AndServer的服务响应时间。移动端负载均衡服务可以使用安卓应用程序特穆克斯(Termux)来代替X86环境下的Nginx中间件, 结构如图5所示。

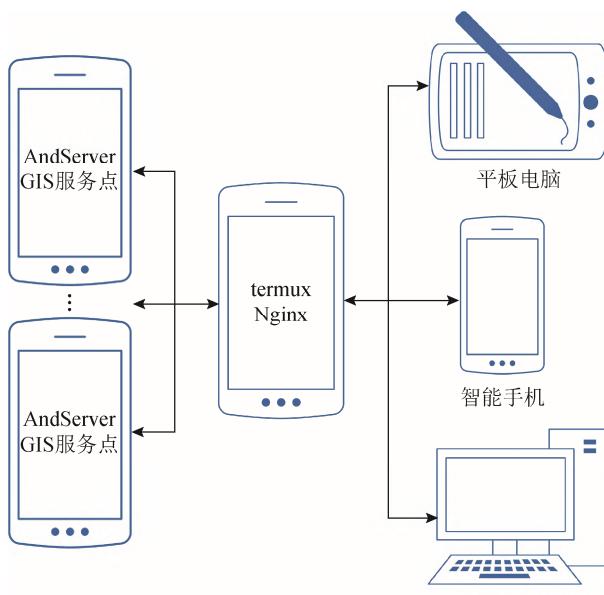


图5 负载均衡网络

2.4 AndServer 发布优势

基于AndServer的3D资源发布方法的最显著优势就是其发布的灵活性和便捷性, 不需要配置专业地理信息系统服务器, 只需要一台手机即可进行相应3D地理信息系统资源发布, 而且发布简单, 不需要特殊配置。在外业工作中, 可以一站式解决网络信号差和局域网数据分享问题。AndServer提供了丰富的地理信息系统服务发布场景, 可以有效地发布3D模型资源、矢量资源、客户端应用程序和影像资源等多种服务, 而且可以满足多节点、多场景应用需求, 满足绝大部分3D地理信息系统应用服务发布场景和需求。基于AndServer的移动端3DGIS服务效果如图6所示。

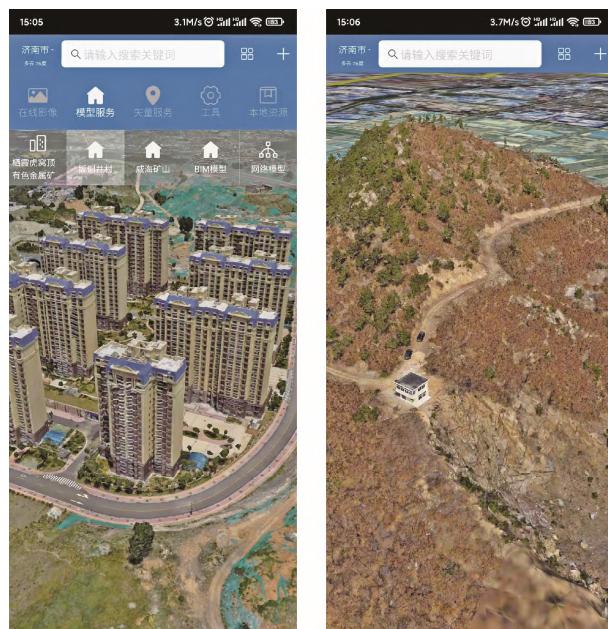


图6 基于AndServer的移动端3DGIS服务

3 AndServer与Nginx效率对比

AndServer与Nginx的测试环境数据如表1所示。使用的测试数据分别为3D Tiles数据, 包括6个b3dm文件(1号至6号)和3个Json文件(1号至3号), 共4.88 MB; 以及Json数据, 包括1个Json面文件(1号), 共6.53 MB。测试结果如图7至图9所示。

通过以上数据统计结果发现, AndServer服务一般会有一个服务“预热期”, 特别是小体积文件, 前期请求的数据文件一般会有一个延迟效应。AndServer的响应时间在3DTiles这种切片散列文件上性能是Nginx的30%左右, 单个大文件的性能是Nginx性能的50%以上, 文本文件的服务效率上好要好于二进制文件。从响应时间上来看,

表 1 AndServer 与 Nginx 测试环境

环境	硬件设备	操作系统	内存容量/GB	中央处理器 (central processing unit, CPU) 型号	显卡型号	浏览器名
AndServer	红米 redmi k20pro Premium Edition	Android10	12	高通骁龙 855Plus	—	—
Nginx	Linux 主机	Centos7	64	Intel(R) Xeon(R) Silver 4114 CPU@ 2.20 GHz	—	—
客户端	ThinkPad T470P	Windows10	16	Intel(R) Core(TM) i7-7700HQ@ 2.8 GHz	NVIDIA GeForce 940MX	chrome 87.0.4280.88

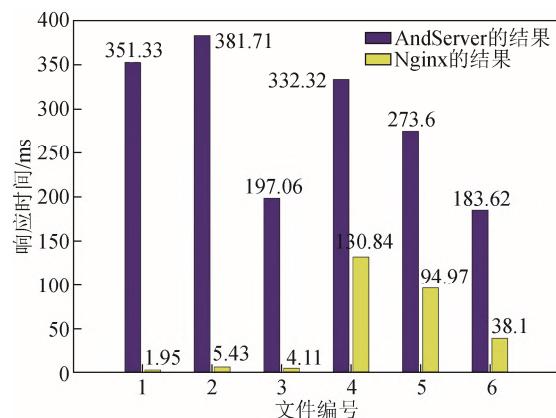


图 7 3D Tiles b3dm 数据的响应时间对比

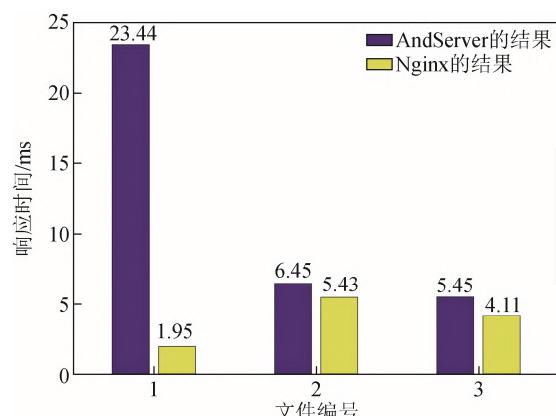


图 8 3D Tiles Json 数据的响应时间对比

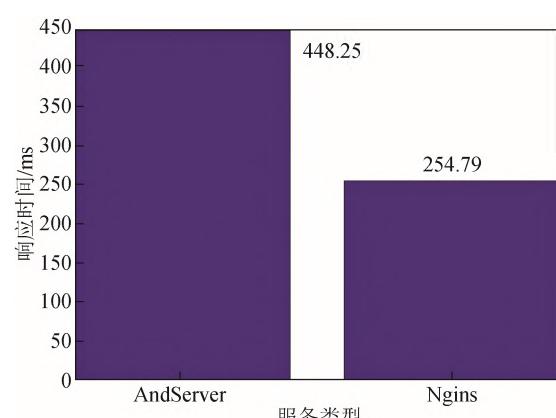


图 9 GeoJson 数据的响应时间对比

AndServer 的响应时间普遍要小于 500 ms, 满足 3D 地理信息系统客户端使用要求, 从性能硬件上对比发现 AndServer 要好于 Nginx。考虑到 AndServer 的低功耗架构限制, AndServer 可以说是一款非常优秀的服务器组件。

4 结束语

移动端作为 GIS 服务器是一个非常新的研究领域, 国内外研究资料都比较匮乏, AndServer 的出现恰逢其时, 基本满足 3D 地理信息系统应用的需要, 架构上适合移动端设备安装, 使用上简单灵活, 使用场景多样, 非常适合在复杂环境和网络环境不好的工作场景中作为地理信息系统数据发布中间件使用, 而且可以组成分布式网络来增强服务性能, 进而弥补单个移动设备性能上的不足和降低服务响应时间。本文仅从服务发布效率上进行测试, 移动端 3D GIS 服务还应该进行更摄入的测试, 如多个 AndServer 服务器和多个终端访问的测试, 不同手机硬件配置的 AndServer 服务器性能测试, 稳定性测试。

AndServer 不但可以安装在手机上, 从架构上来讲可以安装在所有安卓设备上, 移动互联网时代, 安卓操作系统作为装机量最大的操作系统, 未来移动设备即服务 (mobile as a server, MAAS) 的时代正在到来, 每个人的移动设备和智能硬件就是一个地理信息服务发布设备, 真正做到让地理信息服务无处不在。此外, 伴随着安卓设备性能的不断提升, AndServer 的服务性能也将会显著提高。相比于 Nginx 这类静态服务组件而言, AndServer 具备动静服务一体化能力和灵活的移动化部署能力, 得益于此, AndServer 将会大大降低地理信息系统服务的架设复杂度, 并助力地理信息服务发布技术的快速发展。

参考文献

- [1] 朱庆. 三维 GIS 及其在智慧城市中的应用 [J]. 地球信息科学, 2014, 16(2): 151-157.
- [2] 邹伟林, 孙应高, 丁志庆, 等. 基于 OSG 的三维 GIS 功能的封装技术研究与实现 [J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43(3): 135-137.
- [3] 刘盛恩, 王崇峻, 齐斌. 移动 3DGIS 服务实现关键技术综述 [J]. 软件, 2019, 40(2): 32-40.
- [4] 王星捷, 郭科, 张廷斌, 等. 新一代移动三维 GIS 平台研究 [J]. 测绘通报, 2021 (4): 85-89.
- [5] 罗瑶, 莫文波, 颜紫科. 倾斜摄影测量与 BIM 三维建模集成技术的研究与应用 [J]. 测绘地理信息, 2020, 8(4): 40-46.
- [6] 乔天荣. 新一代三维 GIS 技术再升维的应用研究 [J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 3(3): 83-85.
- [7] 徐照, 张路, 索华, 等. 基于工业基础类的建筑物 3D Tiles 数据可视化 [J]. 浙江大学学报 (工学版), 2019, 53(6): 1047-1056.
- [8] 严振杰. AndServer[EB/OL]. [2021-06-16].<https://github.com/yanzhenjie/AndServer>.
- [9] 冯振华, 王博, 蔡文文. BIM 和 SuperMap 三维 GIS 融合的技术探索 [C]//中国图学学会建筑信息模型(BIM)专业委员会. 第三届全国 BIM 学术会议论文集.北京: 中国建筑工业出版社数字出版中心, 2017: 146-149[2021-06-16].
- [10] 王刚, 韩振镖. 面向 Android 智能移动终端的 GIS 设计与实现 [J]. 测绘通报, 2013(8): 77-80.
- [11] 朱庆. 三维 GIS 及其在智慧城市中的应用 [J]. 地球信息科学, 2014, 16(2): 151-157.
- [12] 牛艳霞, 马秉斌. 嵌入式 web 服务器的 android 空间数据离线解决方法 [J]. 测绘科学, 2017, 42(7): 178-187.
- [13] 李尚林, 胡夏, 刘晓平. 三维 GIS 中矢量数据的高效精确渲染方法 [J]. 系统仿真学报, 2017, 29(5): 965-972.
- [14] 田根, 刘妙龙, 童小华. 基于 Mobile Agent 的空间信息移动服务网格分布计算模型 [J]. 测绘学报, 2009, 38(1): 73-81.