

赵真,郭红梅,张莹,等.2023.基于Android的建筑物信息采集系统设计与实现[J].地震研究,46(3):453-460,doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0049.

Zhao Z,Guo H M,Zhang Y,et al.2023.Design and implementation of the building-information acquisition system based on Android [J].*Journal of Seismological Research*,46(3):453-460,doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0049.

基于Android的建筑物信息采集系统设计与实现^{*}

赵真,郭红梅[✉],张莹,何宗杭,张灿

(四川省地震局,四川成都610041)

摘要:建筑物建(构)造特征信息获取的准确性及详实性直接影响房屋建筑物易损性模型的可靠性。建筑物信息采集过程覆盖范围广、数据详实程度要求高,需投入大量外业调查人员协同开展工作,耗时耗力且人工操作易出错,难以保障数据的准确性和实效性。针对上述问题,开发了以Android平台为移动终端,基于移动GIS的建筑物信息采集系统,并应用于地震灾害承灾体抽样详查工作。实践表明,该系统人机交互友好、操作简单方便,大幅度提高了建筑物信息采集效率及准确性,为开展房屋建筑物地震易损性分析建模提供了详实资料。

关键词:Android终端;建筑物;建(构)造信息;系统设计

中图分类号:P351.94 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0666(2023)03-0453-08

doi:10.20015/j.cnki.ISSN1000-0666.2023.0049

0 引言

地震以其突发性和巨大的破坏性给人类生存安全、社会经济发展和社会稳定带来严重危害,被称为“群灾之首”(张永春,2004;王杨,范植华,2013)。随着经济社会的快速发展,人口和财富高度集中,加上能源的加速开发和新型城镇化的推进,进一步加剧了地震灾害风险。为摸清地震灾害风险隐患底数,提升全社会抵御自然灾害的综合防范能力,我国于2020—2022年开展了第一次全国自然灾害综合风险普查工作,地震灾害风险普查成为自然灾害综合风险普查的重要专项工作之一。

地震灾害风险普查工作主要任务是组织开展地震灾害致灾调查与评估、地震灾害重点隐患评

估、地震灾害风险评估与区划。其中,地震灾害风险评估与区划工作需要地震危险性分析结果、房屋建筑地震易损性模型、房屋承灾体普查结果等作为支撑。在开展地震灾害承灾体抽样详查收集其建构造特征等详细信息的基础上,使用震害统计、数值模拟等方法建立典型结构类型地震易损性模型。在建筑物建(构)造信息实际采集过程中,由于基于单体建筑物的信息采集工作量大,且随着城镇化进程的不断推进,建筑物也在不断更新改建,数据的更新更加困难。因此,如何构建一个高效的建筑物信息采集方法是当前亟待解决的问题。

移动终端因其良好的移动性、便携性以及强大的信息处理能力和通讯能力(姜世平等,2018;郁璟璐等,2022),已广泛被应用于各个行业,其在信息采集、上报、查询管理等方面的应用也十

^{*} 收稿日期:2022-08-31.

基金项目:国家重点研发计划项目(2020YFA07106003);国家自然科学基金(42061073)。

第一作者简介:赵真(1993-),工程师,主要从事地震灾害风险评估研究。

E-mail: 827387315@qq.com.

✉ 通讯作者简介:郭红梅(1984-),研究员,主要从事地震灾害风险评估及防治研究。

E-mail: 115453242@qq.com.

分普遍。如陈小芳等 (2014) 基于 Android 开发系统研发了建筑物基本信息采集系统, 实现了数据采集和质检功能, 有效提高了建筑物数据采集效率; 龙立等 (2016) 以 Android 平台为终端, 研发了城市建筑物信息采集系统, 并以西安市灞桥区某街道办为例实现了建筑物数据采集; 刘博 (2017) 研发了 PC 版和手机 APP 两个版本的建筑物信息采集软件, 并成功应用于北京市朝阳区建筑物信息的收集与管理工作。上述系统均采用通用的数据信息采集标准, 对不同结构类型建筑不具有针对性, 且缺少多层次权限分配。基于此, 笔者针对地震灾害承灾体抽样详查工作的需求, 根据相关规范要求设计房屋建筑详查信息表单, 开发了以 Android 平台为移动终端, 基于移动 GIS 的建筑物信息采集系统, 采集的数据可为房屋建筑地震易损性建模分析提供支持, 支撑地震灾害风险评估与区划工作。

1 系统设计

1.1 需求分析

传统的建筑物信息外业采集主要是以技术人员实地调查为主, 按照表格列举项对采集信息进行记录, 返回内业后通过数据编辑、属性录入等来实现 (FEMA, 2002)。一是由于建筑物信息采集覆盖范围广、数据详实程度要求高, 需要投入大量外业调查人员协同开展工作。但导致耗时耗力, 时效性低, 且人工录入环节易出错, 无法保障数据的准确性和实效性 (刘建等, 2019)。二是由于建筑物结构类型的多元化及特征的差异性, 通用的数据信息采集标准难以满足实际应用需求 (李晋等, 2017)。因此, 为规范化不同结构类型数据采集标准, 提高建筑物信息采集效率及准确性, 笔者设计研发了一套基于 Android 的建筑物信息采集系统。

系统设计应满足 4 个方面的需求: ①支持多人同时开展建筑物信息录入, 并提供多人同时编辑同一数据的并发访问机制; ②支持多层次权限分配, 通过在后台系统设计用户权限管理功能, 实现数据的分级使用和管理; ③针对不同结构类型建筑物的建 (构) 造特征, 提供

不同结构类型建筑物详查表单; ④为保证数据的安全性, 系统部署在行业内网上, 需登录 VPN 后方能使用。

1.2 逻辑架构设计

根据建筑物信息采集的特点与需求, 基于 Android 的建筑物信息采集系统总体逻辑结构划分成 4 层, 即基础设施平台、数据资源库、应用支撑平台以及应用层, 如图 1 所示。基础设施平台为系统建设提供需要的硬件环境和网络环境, 包括服务器、网络、存储设备等。数据资源层涵盖了建筑物信息采集软件所需的数据资源, 包括基础空间数据库、基础属性数据库、数据字典数据库及元数据库。应用支撑平台层为建筑物信息采集系统提供通信网、ESB 系统总线、报表工具、操作系统和 GIS 系统平台等支撑系统运行的软硬件设备。应用层是前端直接展示, 为用户提供交互性操作, 包含地图服务、建筑物详查采集、采集任务管理和系统管理功能模块。标准规范体系是指导整个信息服务系统建设的基础, 需要遵循国家、行业、地方制定的相关技术要求和规范。信息安全保障体系贯穿系统建设各个层次, 保障系统稳定、可靠、安全地运行。在运行维护体系的基础上, 技术人员可监测网络设备、服务器设备以及安全设备的运行状态。



图 1 建筑物信息采集系统的逻辑结构

Fig. 1 Logic structure of the building information acquisition system

1.3 功能设计

基于 Android 的建筑物信息采集系统包括地图服务模块、建筑物详查采集模块、采集任务管理模块和系统管理功能模块。

(1) 地图服务模块

该模块为 APP 提供在线天地图底图加载、建筑物专题电子地图发布及电子地图通用操作等功能。通过遥感解译与经验估计获取建筑物空间数据（明小娜等，2022），对其进行加工处理后利用 GeoServer + PostGIS 技术发布为电子地图。同时，该模块能够加载在线天地图作为背景底图，并提供地图缩放、图层控制、底图切换等地图通用功能，以便采集人员能在地图上快速找到与现实环境相对应的建筑物。

(2) 建筑物详查采集模块

该模块提供了 8 种不同建筑物结构的详查数据采集功能。用户可查看建筑物的采集状态，选择待采集的建筑物面数据，通过实地判断或查阅图纸等形式确定建筑物结构类型，选择其对应结构类型进入详查表单。依据该表单内容录入建筑物详查信息，上传建筑物现场照片或结构图纸，并根据数据属性值校验和多字段逻辑校验规则实现表单校验，提高采集数据的质量，并将采集结果保存至服务器数据库。

系统还提供“增、删、重置、撤回、查、复制粘贴”等辅助功能。“增”主要针对建筑物图层中缺失或遗漏的建筑物，通过在地图空白区域上以打点的方式进行新增。“删”指选择地图中任意一个建筑物，将其删除。“重置”针对数据采集中或处于提交状态的建筑物，重置后会清除该建筑物已采集的信息，回到未录入的状态。“撤回”针对处于提交状态的建筑物，撤回后建筑物回退到采集中状态，可对该建筑物进行重新编辑采集。“查”是查看选中建筑物数据的基本信息。“复制粘贴”主要针对统规统建的建筑物，选择已录入信息的建筑物（采集中或已提交）点击复制，再选择未录入信息的建筑物进行粘贴，实现建筑物信息的拷贝。

(3) 采集任务管理模块

该模块提供了采集任务的新增、编辑及删除功能。用户在地图界面上绘制采集区域，绘制方

式主要包括点选行政区划（市州、区县）和自由勾画，再将绘制的区域进行多种方式的划分，对每个小区域设置采集任务总数，供建筑物信息采集人员参考。以采集区域为界，该模块还提供了按采集任务、建筑物结构类型、行政区划对采集结果进行统计的功能，并通过图表的形式进行展示。

(4) 系统管理模块

该模块提供了用户管理、角色权限管理以及机构管理等功能。用户管理主要包括用户的注册、编辑、删除、查询及角色授权等功能。角色权限管理是后台管理员对软件注册用户分别授予不同的用户角色并分配资源，具体包括默认角色、普通用户角色和管理员角色。首次下载 APP 软件并注册的新用户，系统将其自动授权为默认角色，仅拥有数据浏览的权限；普通用户角色具有采集指定任务区建筑物详查数据的权限；管理员角色具有采集任意工作区建筑物详查数据的权限。机构管理提供机构的新增、编辑、删除以及指定用户功能。

1.4 数据库设计

不同结构建筑物属性具有显著的差异，建筑物结构类型的多元化及特征的差异性，致使通用数据采集标准已不再适用（张斌等，2010；安基文等，2015），需针对不同结构类型建筑物的结构特点，提供相应结构类型信息采集表单，才能保证数据的准确性。笔者基于以上需求，根据相关规范要求设计了建筑物数据采集表单，数据采集内容主要包括基本概况、专业信息和详查信息 3 个方面。基本概况包含建筑物基本信息和建筑物规模，建筑物基本信息包括建筑名称、所属省份、地级市、区（县）、乡镇街道、村居委会等，还包括建造年代、场地类型、基础类型、设防标准、自振周期、规则程度等；建筑物规模包括建筑面积、长度、宽度、高度及层数。专业信息描述的是建筑物结构参数，不同结构类型建筑物的结构参数有所差异。以砖混结构、砖石木结构房屋为例，具体的采集字段及取值见表 1。详查信息包括屋面构件、女儿墙设置、楼梯间布置、构造柱布置、圈梁设置、圈梁最大水平间距、圈梁闭合情况、建筑现状、造价及照片。

表 1 砖混结构、砖石木结构房屋的采集内容

Tab. 1 Collected information of the brick-concrete structure and the brick-stone-wood structure

序号	采集字段	字段取值
1	承重方式	横墙承重、纵墙承重、纵横墙承重、混合承重
2	承重墙砌筑方式	空斗墙、非空斗墙
3	屋盖类别	木屋盖、现浇屋盖、预制板、彩钢板、其它
4	楼盖类别	木楼板、现浇楼板、预制板、其它
5	墙体材质	普通砖、多孔砖、砌块、其它
6	外墙厚度	手动输入, 保留 1 位小数, 单位: m
7	内隔墙厚度	手动输入, 保留 1 位小数, 单位: m
8	砂浆类型	水泥砂浆、混合砂浆、泥浆
9	砂浆强度	大于等于 M2.5、小于 M2.5
10	纵横墙交接处 墙内孔道	无竖向孔道、有竖向孔道

1.5 业务流程设计

根据系统的逻辑架构和功能结构设计, 对系统总体业务流程进行设计, 如图 2 所示。采集员到达现场后, 启动手机上的“建筑物信息采集系统”应用程序, 进入建筑物详查数据采集功能界面, 通过现场定位获取当时位置的地图数据, 查看建筑物的采集状态。根据后台管理系统设置的采集任务及划定的数量要求, 选择黄色待采集的单体

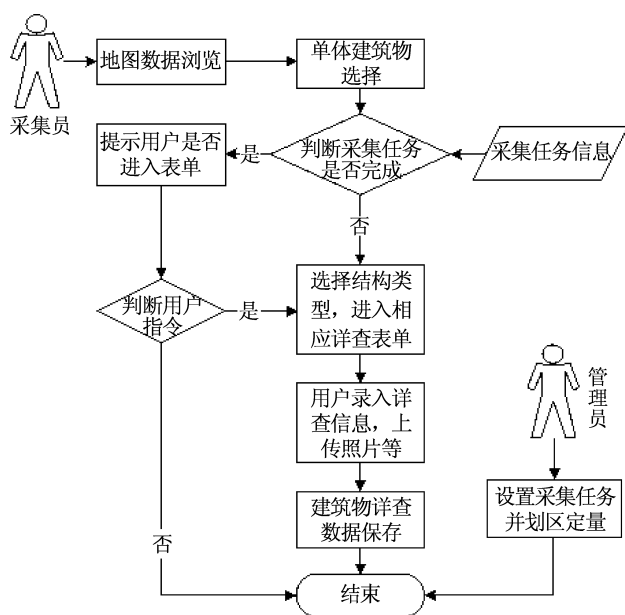


图 2 建筑物信息采集系统总体业务流程图

Fig. 2 Overall workflow of the building-information acquisition system

建筑物, 在判定其结构类型的基础上选择其对应的结构类型, 如果超过该结构类型规定的采集数量, 系统会弹出对话框提示用户是否进入表单, 如果“是”则进入相应详查表单, 否则结束当前采集。如果未超过该结构类型规定采集数量, 则进入相应详查表单, 录入建筑物详查信息, 全部录入完成后上传建筑物现场照片, 经确认表单无遗漏且填写无误后保存并提交。重复上述操作, 直至完成管理员设置的采集任务。

2 系统实现

手机端建筑物信息采集软件基于 Android 系统开发, 通过无线 4G 或 5G 通讯网络访问 Web 服务器, 包括地图服务和建筑物详查数据采集两大功能模块。该软件运用 PostgreSQL 数据库进行数据存储, 利用 POSTGIS 引擎实现数据库支持空间数据的存储与分析, 采用 OpenLyaer4. 1. 1JS 库进行地图的操作与建筑物要素信息的叠加等。后台建筑物采集任务管理系统采用 B/S 系统架构, 借助 Eclipse 集成开发环境, 使用 JAVA + VUE 开发语言定制开发, 利用 PostgreSQL 数据库进行数据存储, 包括采集任务管理和系统管理两大功能模块。

基于 Android 平台开发完成建筑物信息采集软件后, 将其打包成 apk 文件并制作二维码, 供用户下载安装。用户打开 APP 后利用手机号绑定注册账号, 即可浏览电子地图和建筑物图层数据。鉴于不同用户的操作权限存在差异, 为演示软件的全部功能, 下面将用户权限设置成管理员, 具体展示软件的各项功能。

2.1 地图服务模块

打开软件, 输入用户名和密码进入软件主页 (图 3a), 点击“建筑物调查”模块, 进入建筑物调查首页 (图 3b), 软件自动加载电子地图和建筑物分布数据。在采集过程中, 可点击右上角“卫星”按钮切换到卫星地图 (图 3c), 左下角“+”和“-”可实现地图的放大和缩小, 勾选右边图层菜单中的“图层”可进行控制建筑物的显示、隐藏等操作, 帮助采集人员在地图上找到与现实环境相对应的建筑物。

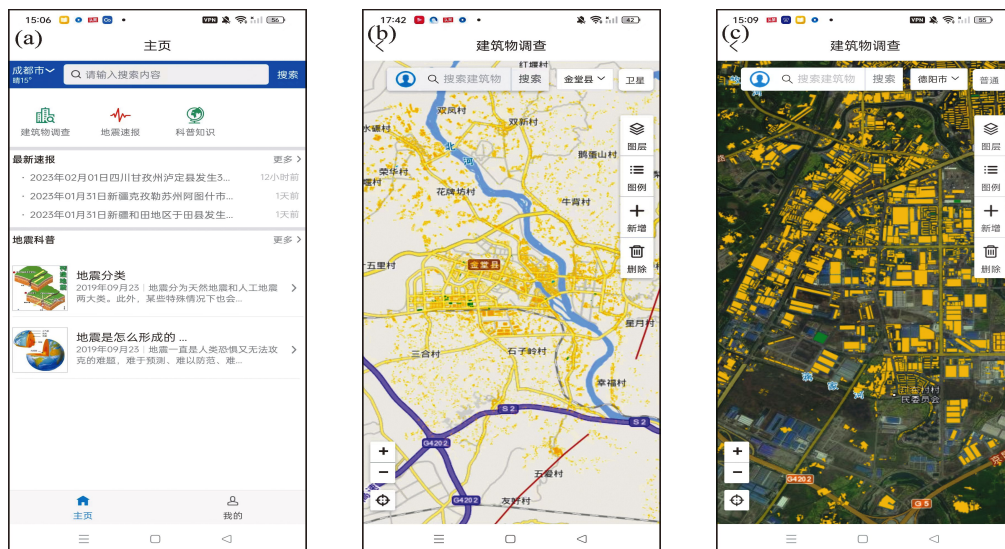


图3 电子地图服务界面

Fig. 3 Service interface of the electronic map

2.2 建筑物详查采集模块

该模块实现了对待采集状态建筑物信息的录入功能。采集员到达现场后,通过定位获取当前位置的可视区域,在地图上选择黄色待采集建筑物面数据,该建筑物高亮显示并在下端弹出砖混、砖石木结构、多层钢筋混凝土结构、工业厂

房结构、空旷结构、高层结构、土木结构、木结构、石结构8种结构类型(图4a)。选择对应建筑物结构类型,点击“数据录入”按钮,进入数据录入界面(图4b),界面包含“基本概况”、“专业信息”和“详查信息”3大模块,分模块填写建筑物信息后保存和提交(图4c)。



图4 建筑物详查采集界面

Fig. 4 Acquisition interface of the detailed survey of buildings

2.3 采集任务管理模块

该模块实现了采集任务的划分及采集情况的统计功能。点击左边“任务设置”菜单,在网页

上方出现一排工具栏,点击工作区设置,弹出下拉菜单选择市(州)、区(县)或自由勾画设置工作区(图5a)。工作区设置完成后,点击“任

务区划分”功能将工作区划分为多个任务区，再点击“生成任务区”，即可对每个任务区单独进行任务设置，即划定各任务区各结构类型建筑物采集数量。点击左边“任务统计”菜单，可分区查看各类建筑物的调查任务进度（图5b）。

2.4 系统管理模块

该模块通过登录用户统一权限管理系统，对用户进行角色和权限的相关设置，实现“用户－角色－权限”的授权模型，具体操作的界面如图6所示。

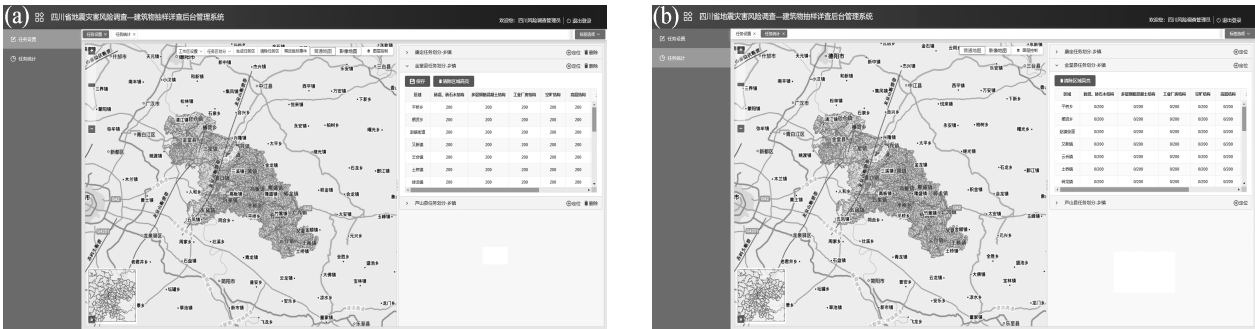


图5 采集任务管理模块界面

Fig. 5 Acquisition-task interface of the management module



图6 系统管理模块界面

Fig. 6 Interface of the system management module

3 应用实例

建筑物信息采集系统已应用于四川省德阳市、乐山市、芦山县、金堂县和康定市等地区地震灾害承灾体抽样详查工作，本文以金堂县为例进行示范应用。四川省地震局根据金堂县建筑物结构类型及在不同乡镇（街道）的分布情况，并结合每种结构类型至少采集40栋建筑物的工作任务，派出10名专业技术人员，分为3组在各个乡镇（街道）开展

承灾体抽样详查外业工作。根据工程建设资料的完备性，将外业调查分为两类：一类是针对有完整工程建设资料的建筑物，通过查阅房屋设计及竣工图纸，填写调查表单；另一类是针对缺乏工程建设资料的建筑物，通过实地调查，利用测距仪、皮尺等专业工具现场测量获取专业信息。通过外业现场工作，完成了金堂县境内705个调研点的调查，调查建筑物总面积达237万m²，主要结构类型为多层钢筋混凝土结构、工业厂房、高层结构等，共计95个，面积为75.85万m²，收集建筑物图纸百余份，

共计耗时 5 天,采集效率相较于填写纸质表格后录入到 Excel 文件有显著提升,具体采集数量见表 2。在完成调查工作后,对抽样调查的多源、异构数据进行梳理、分层分类,按照规范设计的相关数据表格,开展数据完备性检查工作,主要包括检查数据的字段、字段类型是否与规定的数据库表结构一致;检查数据内容的完整性,重点检查必填数据项是否完整,无缺省。经检查后,确认所采集的各结构类型建筑物的数据完备性均较高,满足建筑物抽样详查对数据质量的要求。

表 2 金堂县承灾体抽样调查结果统计

Tab. 2 Sampling survey results of the hazard-bearing structures in Jintang County

结构类型	调查点 数量	总面积/ 万 m ²	图纸数量/ 张	图纸调查 面积/m ²
砖混、砖石木结构	578	153.34	30	12.23
多层钢筋混凝土结构	66	30.96	20	14.30
工业厂房结构	25	19.02	25	19.02
空旷结构	1	0.18	0	0
高层结构	19	30.31	19	30.31
木结构	16	3.51	0	0
合 计	705	237.32	94	75.85

4 结论

本文从系统的需求分析、逻辑架构设计、功能设计、数据库设计和业务流程设计等方面进行研究,研发了基于 Android 的建筑物信息采集系统,实现了地图服务、建筑物详查采集、采集任务管理和系统管理等功能,并应用于四川省地震灾害风险普查专项工作任务地震灾害承灾体抽样详查工作,得到以下结论:

(1) 本系统提供了不同结构类型建筑物详查表单,实现了不同结构类型数据的差异化采集,保障了建筑物构造信息的准确性;系统支持多层级权限分配,实现多人协同开展信息采集工作;

通过采集软件和定制采集辅助工具,为现场采集人员操作提供了便利,大幅提高了建筑物信息采集效率,为开展地震灾害承灾体抽样详查工作提供了有利工具。

(2) 对金堂县开展地震灾害承灾体抽样详查的实践表明,本系统显著提高了建筑物信息采集效率及数据质量,降低了人力和时间的消耗,为开展建筑物易损性分析提供了详实资料,为地震灾害风险评估与区划工作提供了支撑。

参考文献:

- 安基文,徐敬海,聂高众,等. 2015. 高精度承灾体数据支撑的地震灾情快速评估[J]. 地震地质,37(4):1225-1241.
- 陈小芳,刘小保,杨芳. 2014. 建筑物基本信息采集系统建设[J]. 防灾减灾学报,30(2):22-26.
- 李晋,叶涵,刘智,等. 2017. 西南地区承灾体数据采集与动态更新系统[J]. 震灾防御技术,12(4):858-869.
- 刘博. 2017. 面向地震灾害情景构建的建筑物信息采集系统设计与实现[D]. 吉林:吉林大学.
- 刘建,李静,何宗. 2019. 建筑物信息实时云协同调查系统设计与应用[J]. 地理空间信息,17(12):85-88,10.
- 龙立,孙龙飞,郑山锁,等. 2016. 基于 Android 的城市建筑物信息外业采集系统研究[J]. 震灾防御技术,11(3):682-691.
- 娄世平,杨玉永,刘瑞峰,等. 2018. 基于 Android 智能终端的地震现场应急指挥技术系统运维信息管理平台[J]. 震灾防御技术,13(3):727-735.
- 明小娜,杨健强,张原硕,等. 2022. 利用遥感影像和经验估计方法初判云南省建水县房屋抗震能力[J]. 地震研究,45(1):132-140.
- 王杨,范植华. 2013. 地震救援演练仿真系统的研究[J]. 计算机仿真,30(1):404-408.
- 郁璟怡,薄涛,刘英华,等. 2022. 基于 Android 移动终端的北京市本地化地震应急工作平台实现与应用[J]. 中国地震,38(2):280-292.
- 张斌,赵前,姜瑜君. 2010. 区域承灾体脆弱性指标体系与精细化模型研究[J]. 灾害学,25(2):36-40.
- 张永春. 2004. 地震应急预案管理和社会动员机制的建立[J]. 福建地震,20(2):24-28.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). 2002. Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: a handbook. 2nd ed. [M]. California: Redwood City.

Design and Implementation of the Building-information Acquisition System Based on Android

ZHAO Zhen, GUO Hongmei, ZHANG Ying, HE Zonghang, ZHANG Can
(*Sichuan Earthquake Agency, Chengdu 610041, Sichuan, China*)

Abstract

The accuracy and detail of the buildings' structural features decide the reliability of the buildings' vulnerability model, and affect the accuracy of the assessment of the earthquake-disaster risk. In the process of building-information collection, due to its wide coverage and high requirements for data details, a large number of field investigators are required. This is time-consuming and labor-consuming, and manual operation is prone to errors. It is difficult to ensure the accuracy and effectiveness of data. To solve these problems, we develop a building-information collection system based on Mobile GIS on Android platform, and this system has been successfully applied to the detailed survey of the earthquake-disaster bearing structures in the practice of the investigation of the earthquake-disaster risk in Sichuan Province. The practice proves that the system has friendly human-computer interaction, and makes the operation easy and convenient, greatly improving the efficiency and accuracy of building information collection. The system can provide detailed data for the analysis and modeling of the building's seismic vulnerability.

Keywords: Android terminal; buildings; building structure information; system design