

# 基于天地图的地震灾情综合研判系统设计与实现<sup>\*</sup>

郭红梅, 张莹, 赵真, 张翼

(四川省地震局, 四川 成都 610041)

**摘要:** 阐述了基于天地图的地震灾情综合研判系统建设目的、系统设计以及系统功能实现, 并将该系统应用于2017年九寨沟7.0级地震。结果表明: 该系统实现了灾区基础背景信息与快速评估结果的查询和可视化, 多源灾情信息汇聚, 灾区范围、次生灾害、交通震害等主题综合研判, 以及研判成果产出等功能, 为开展灾情协同综合研判提供了便捷的工具, 为震后地震应急指挥决策提供了重要灾情信息支持, 有效支撑了地震应急工作。

**关键词:** 地震应急; 灾情信息; 天地图; 综合研判

中图分类号: P315.952

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2019)02-0210-08

## 0 引言

地震应急是准军事化行动, 具有时间紧迫、事关重大等特点(邓砚等, 2005)。在最短的时间内做出科学合理的决策并有效实施, 是保障地震应急工作高效有序的关键(帅向华等, 2011; 聂高众等, 2012)。地震灾情信息可以定义为: 一切反映由于地震直接或间接造成的房屋和其他工程结构、设施、设备、物品等物质破坏及人员伤亡的各种要素、物质和过程的文字、数字、图形、图像、影音等资料和知识的总称(曹彦波等, 2010)。按照其涵义, 可以分为宏观灾情信息和具体灾情信息: 宏观灾情包括灾区范围分布、人员伤亡规模等, 这些决定了地震的救灾规模和响应级别; 具体灾情信息决定了救援队伍救援位置、行进路径的设置和物资分配等细节。地震灾情信息是从应急指挥决策、救灾方案制定到具体救援力量部署、救援目标指引、救灾物资调运等一切政府救灾决策和行动的支撑, 也是地震应急响应和应急处置期最重要的需求(聂高众, 徐敬海, 2018)。

近年来, 学者们纷纷致力于与地震灾情信息的获取和研判相关的研究工作。这些研究工作可以总结为两个方面: 一是地震灾情快速盲评估精度的提高(安基文等, 2015; 何少林等, 2014),

二是丰富和扩展震后灾情信息获取手段和方式(张小咏等, 2018; 李东平等, 2017; 曹彦波等, 2017; Shibayama *et al*, 2008)。其中, 提高盲评估精度的相关研究包括应急基础数据的精细化、引入分烈度震害损失图层、引入损失区间、影响场评估模型优化、损失评估模型优化等。现代高新技术的发展给灾情信息获取工作带来了更多的渠道, 形成了空天地灾情信息获取网络: 空基和天基灾情获取手段包括卫星遥感、无人机航拍等; 地基灾情获取手段包括灾情上报终端、灾情上报APP、短信、互联网、电网监控、移动基站退服信息等。虽然地震灾情获取和研判工作取得了一定的进步, 但仍然存在一些问题, 其中最大的问题在于未能有效整合各种灾情信息获取手段, 不能充分发挥各种灾情信息获取手段的优点; 各专家、各部门、前方和后方之间缺乏灾情协同研判技术平台, 不能充分发挥各领域专家所长(姜立新等, 2012)。针对这个问题, 本文依托天地图地图服务, 开展地震灾情综合研判系统研究, 通过业务的分布式集成, 快速构建地震灾情综合研判系统。

## 1 建设目的

快速准确地判定地震灾情分布, 需要综合考虑灾区地形地貌、建筑物抗震能力等各种背景信息, 汇集多种灾情获取手段获取的灾情信息, 在

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2018-12-10.

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目——星机地协同的大地震灾后灾情快速调查关键技术研究(2017YFC1500900)资助。

此基础上，由专家通过协同综合研判完成。该系统的建设目标是构建一套由多种灾情信息源协同、多方面研究领域专家互补性协同、后方和现场协同的地震灾情综合研判系统，为地震应急工作提供更为及时、全面、准确和翔实的地震灾情信息。系统建设主要目的如下：

- (1) 实时汇集基于群智感知技术的多源灾情信息，包括灾情信息员上报、基站退服信息、电网节点破坏、热力图、舆情监控与分析、遥感灾情提取信息、现场灾情调查信息等；接入烈度速报信息、震源机制、地震破裂方向、余震序列等基于地震专业台网的多源信息，将这些信息统一汇聚到天地图平台。
- (2) 提供灾区地形地貌、人口分布、重点目标、学校医院、危险源、历史地震案例等基础背景信息的查询以及灾情预评估结果的查询。
- (3) 为便于专家协同研判灾情分布提供一些

- 基础操作，包括测量距离、路径分析、烈度表查询、多种方式的统计等。
- (4) 提供灾区范围地质灾害、交通震害、救援目标等研判工具，实现不同领域、不同地域、前后方专家之间的分布式协同，达到快速准确地提供灾区范围分布、人员伤亡数量及分布、重灾区位置、次生灾害及危险程度分布、交通震害分布、救援目标及优先程度分布等灾情信息。
- (5) 提供灾情研判结果产出功能，以报告文档和专题图的方式产出研判结果。

2 系统设计

2.1 结构设计

基于天地图的地震灾情综合研判系统主要采用基于 B/S 的 3 层体系架构，分为应用层、服务层和数据层，如图 1 所示。

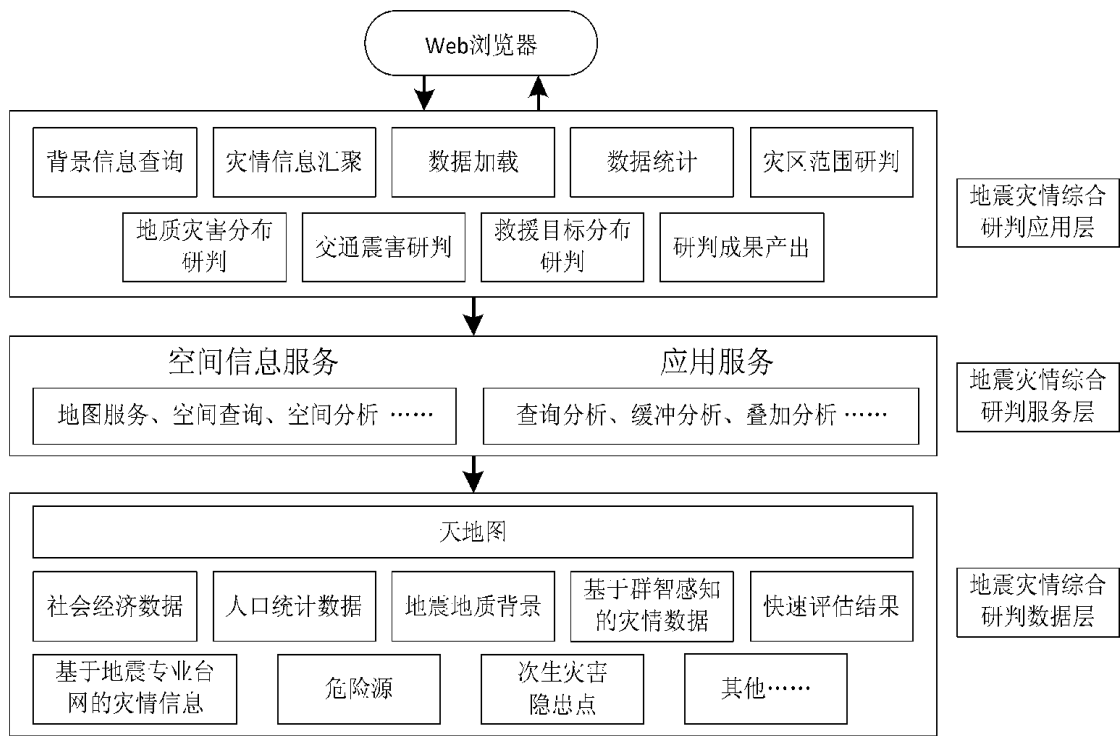


图 1 基于天地图的地震灾情综合研判系统架构图

Fig. 1 Architecture map of earthquake disaster comprehensive evaluation system based on Tiandi tu

2.1.1 应用层

地震灾情综合研判系统应用层即界面层，用于显示数据和接收用户输入的数据，为用户提供一种直接交互式操作的界面。系统充分利用网络地图与用户交互性强的特点，以天地图为背景，

以 Web 客户端的形式提供背景信息查询、灾情信息汇聚、数据加载、数据统计、灾区范围研判、地质灾害分布研判、交通震害研判、救援目标分布研判、研判成果产出等应用工具，为不同地区、不同领域的地震应急专家进行灾情协同研判时提

供各类背景信息、灾情信息和研判工具。

### 2.1.2 服务层

该系统的服务层即业务逻辑层，它一方面接受浏览器端的信息服务请求，根据请求对各类空间数据或属性数据进行处理、地图操作；另一方面处理相应的数据请求，维护管理系统信息。服务层提供的服务包括空间信息服务和应用服务：空间信息服务是指地图服务、空间查询、空间分析等，根据应用层的请求返回对应的地理信息；应用服务指各种查询分析、缓冲分析、叠加分析、统计分析、聚类分析等，将各类空间信息服务和应用服务按照业务流程组合起来，从而为浏览器端的信息服务请求返回结果。如利用空间数据、人口数据、经济数据、重点目标数据、居民地数据等叠加，分析承灾体的受灾特征，辅助进行灾情研判；利用空间数据、灾情数据、余震数据、强震数据等进行叠加分析，分析灾区范围分布、重灾区分布等。

### 2.1.3 数据层

数据层的任务是解析服务层发出数据请求，提供服务层所需要的数据，并对数据进行维护、访问、更新等。考虑天地图数据现势性强、地理底图统一的优势，该系统将天地图作为基本空间数据来源和数据汇聚的平台，所需的基础地理空间数据如道路、学校、居民点、行政区划等，主要通过天地图 API 提供。将社会经济数据、人口统计数据、地震地质背景、危险源、次生灾害隐患点等应急基础数据，基于群智感知和地震专业台网等灾情数据，将快速评估结果等各类数据汇聚于天地图平台，统一为统计分析、灾情研判提供研判数据支撑。

## 2.2 功能设计

该系统功能主要包括基础操作、信息查询、数据加载、数据统计、灾情研判、成果产出以及其他功能，其他功能包括地震触发、事件管理和用户管理，如图 2 所示。

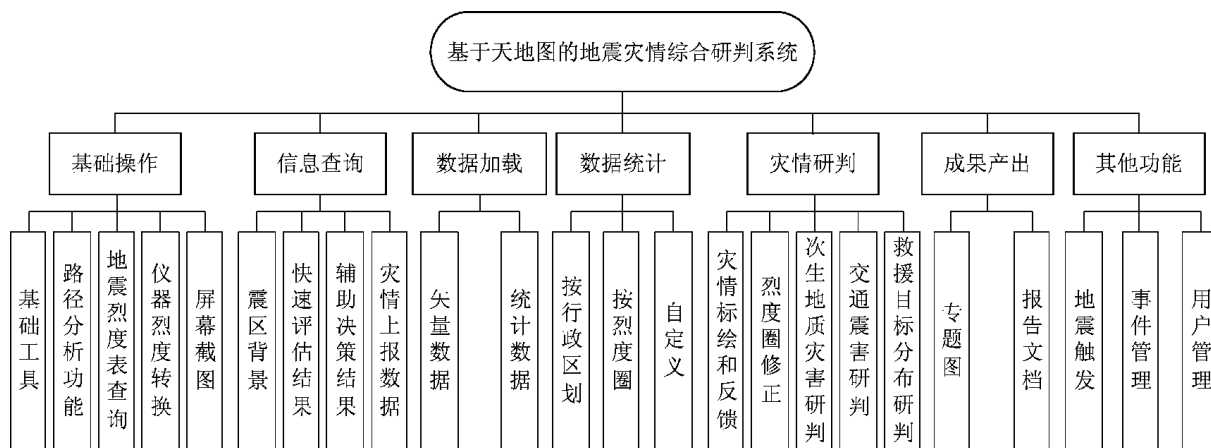


图 2 基于天地图的地震灾情综合研判系统功能示意图

Fig. 2 Function diagram of earthquake disaster comprehensive evaluation system based on Tiandi tu

(1) 基础操作：提供基本的地图操作，为地图浏览以及灾区背景信息、多源灾情信息的可视化提供基本保障。提供距离和面积测量等基础工具，提供路径分析、地震烈度表查询、震级与能量转换、仪器烈度转换、屏幕截图等功能，为专家开展灾情协同综合研判提供基础操作和工具。

(2) 信息查询：以报表和图的形式提供震区背景、快速评估结果、辅助决策结果、灾情上报数据等查询。震区背景查询可以根据输入的距离要求提供所需范围内的乡镇驻地、居民地、学校、

医院、重点目标、历史地震、救援力量、应急物资、疏散场地、危险源等分布信息。快速评估结果查询提供地震灾害损失快速评估系统产生的所有快速评估结果，如建筑物破坏、人员伤亡、经济损失等。辅助决策结果查询提供系统产生的各类辅助决策信息。灾情上报数据查询可提供基站退服信息、电网节点破坏、热力图、舆情监控与分析等基于社会源的灾情信息，全省“三网一员”人员通过灾情上报 APP 查询灾情信息，遥感灾情提取信息以及现场灾情调查信息等。

(3) 数据加载：提供各类矢量数据和统计数据的加载功能，包括评估影响场、现场烈度圈、余震数据、强震数据、现场烈度点、基础地理数据和其他外部数据。

(4) 数据统计：提供多种方式的数据统计功能，包括按照行政区划、烈度圈以及自定义的统计，为灾情综合研判提供灵活的数据统计功能。

(5) 灾情研判：提供灾情标绘和反馈、烈度圈修正（灾区范围研判）、次生地质灾害研判、交通震害研判、救援目标分布研判等功能。灾情标绘与反馈功能是在天地图底图背景上，采用点、线、面结合的方式实现多源灾情信息的实时标绘，还提供常用的标注工具，便于专家手动标注灾情。烈度圈修正以预评估的地震烈度圈为基础，结合灾情上报信息、烈度速报信息、现场调查信息等多源灾情数据以及余震展布和灾区背景信息，采用烈度圈勾画、平移、方向修改、缩放、抽稀、圆滑等工具，通过人机交互实现烈度圈的动态修正。次生地质灾害研判基于修正后的烈度圈、地形地貌、坡度、岩性和地质灾害隐患点等基础数据，通过空间分析给出次生地质灾害风险评估结果，再结合多源灾情信息中的地质灾害信息，人机交互最终给出地质灾害研判结果。交通震害研判功能基于修正的烈度圈、次生地质灾害分布和交通道路基础数据，通过空间分析评估道路震害分布，再结合多源灾情信息中的交通道路破坏信息，最终确定交通道路的震害分布。救援目标分布研判功能以修正的烈度圈、次生地质灾害研判结果、居民地分布基础数据为基础，结合多源灾情信息中的人员伤亡数据，确定救援目标的分布，以点或面的方式在地图上展示。

(6) 成果产出：以专题图和报告文档两种方式生成。专题图包括基础背景信息图、历史灾情分布图、现场调查信息分布图、灾情上报分布图、灾区范围分布图、人员伤亡分布图、次生灾害分布图、交通震害分布图、救援目标分布图等。基于研判的灾情信息，采用图文结合的方式，产出灾区范围综合研判报告、次生灾害分布及处置对策报告、交通震害分布及处置对策报告、人员伤亡与救援目标分布综合研判报告以及救援目标指引报告。

(7) 其他：地震触发提供手动触发地震功能，

包括真实地震、地震演练和联调测试3个模式。事件管理提供震害事件设定、结束等管理功能。版本管理提供不同级别用户灾情研判成果版本管理功能。用户管理提供与用户信息相关的管理功能。

## 2.3 业务流程

基于天地图的地震灾情综合研判系统应用场景为破坏性地震应急救援，其系统业务流程如图3所示。

(1) 从EQIM平台自动获取破坏性地震的地震三要素信息，创建震害事件，自动快速触发灾情快速评估系统、灾情采集上报系统，同时快速产出灾区基础背景信息、历史灾情信息专题图和震区滑坡风险分布预测图。

(2) 实时汇集基于群智感知技术的多源灾情信息，包括灾情上报信息、基站退服信息、电网节点破坏、热力图、舆情监控与分析、遥感灾情提取信息、现场灾情调查信息等。经过灾情数据清洗，灾情信息将被实时标绘在天地图底图上，便于后续综合研判和重大灾情处置应用，并分批次产出各种来源灾情信息分布图。重大灾情处置即对于人员伤亡、重大次生灾害等重要灾情信息的处置，包括下发至灾情上报员进行复核，以及一键上报到指挥长。

(3) 将烈度速报信息、震源机制、地震破裂方向、余震序列等基于地震专业台网的多源信息，统一汇聚到天地图平台。灾情快速评估计算完成后，灾情协同综合研判系统将自动加载评估结果并进行状态提示。

(4) 结合基于群智感知技术的多源灾情信息、基于地震专业台网的多源信息、灾情快速预评估结果和灾区基础背景信息，研判专家利用系统提供的研判工具包，在震后0.5, 1, 2, 4, 6, 12, 24 h等时间节点依次开展烈度圈修正、次生地质灾害研判、交通震害研判和救援目标分布研判等协同工作。之后，系统依次自动产出灾区范围分布图、人员伤亡分布图、次生灾害分布图、交通震害分布图、救援目标分布图等专题图，并生成灾区范围综合研判报告、次生灾害分布及处置对策报告、交通震害分布及处置对策报告、人员伤亡与救援目标分布综合研判报告以及救援目标指引报告，为地震应急救援工作提供动态、全方位的灾情信息支持。

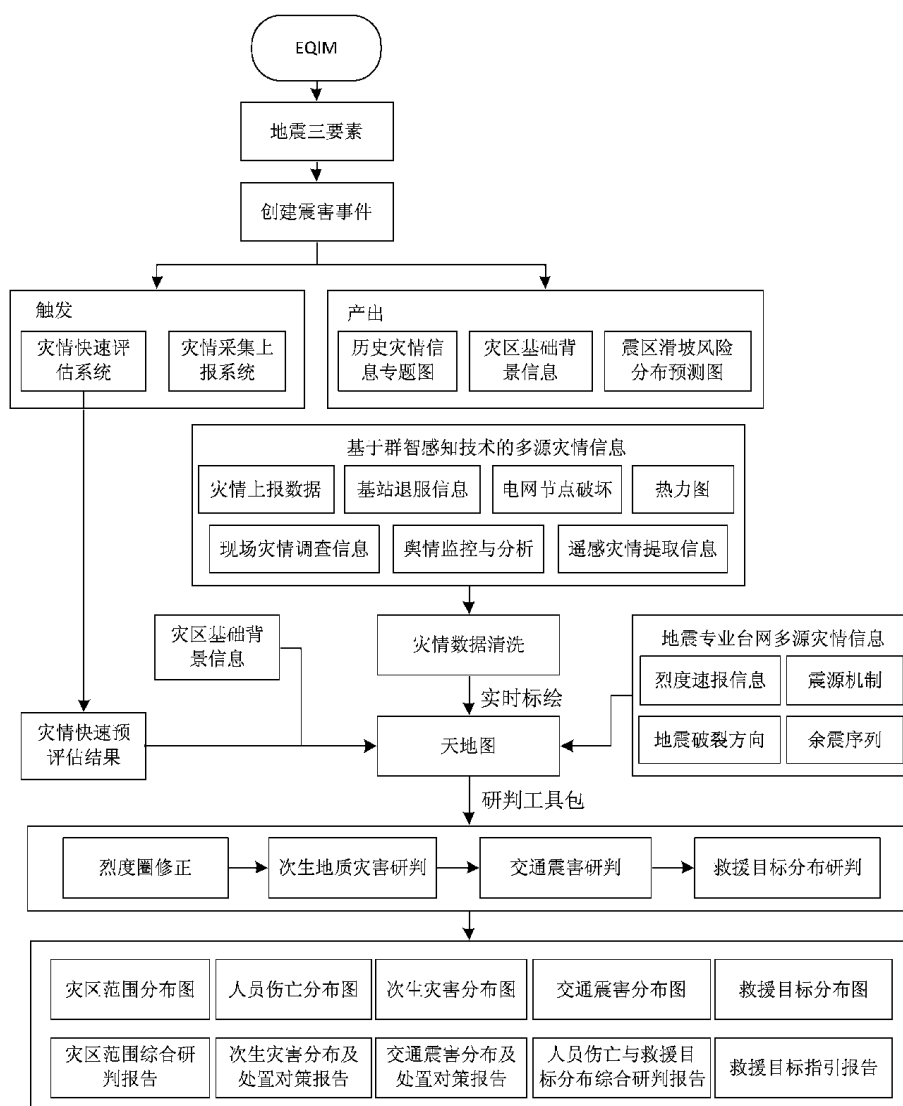


Fig. 3 Business flow chart of earthquake disaster comprehensive evaluation system based on Tiandi tu

### 3 系统实现和应用案例

### 3.1 系统实现

基于天地图的地震灾情综合研判系统采用 B/S 体系结构, GIS 平台选择 ArcGIS, 数据库软件选择 Oracle 11g, 以 Visio Studio 2013 (C#) 为集成开发平台。系统服务层采用地理信息公共服务平台发布的符合 OGC (Open Geospatial Consortium, 开放地理空间信息联盟) 标准的地图及要素服务, 应用层采用 JavaScript, HTML, CSS 设计, 界面简洁美观, 人机交互友好。数据层从 EQIM (EarthQuakes Instant Messenger, 全国地震速报信息共享与服务系统) 获取地震速报数据, 从天地图获取地图底

图数据,从地震应急基础数据库获取灾区政府驻地、居民地、学校、医院、重点目标、历史地震、救援力量、应急物资、疏散场地、危险源、交通道路、水系、水库、断裂带等基础数据,从灾情上报数据库获取多源灾情信息,从应急共享数据库获取余震展布、震源机制、破裂过程、强震等地震台网产出的数据,从应急产品库获取预评估结果。

该系统主界面如图 4 所示。界面顶端的白色区域为滚动显示条,滚动显示当前地震事件基本信息。界面左边的窗口上半部分为参与协同研判的专家列表,下半部分为系统获取到的动态灾情信息实时列表以及研判成果列表。界面主体为地图窗口,为灾情研判、协同标绘和各类信息的可视化提供底图。

地图窗口右上方为系统主要功能菜单条，包括基础操作、信息查询、数据加载、数据统计、灾情研判、成果产出以及其他功能；右下方为即时消息通讯窗口，为专家协同研判提供文字、语言和图片交流工具。界面左边的窗口和右下方的即时消息窗口可以缩小隐藏，也可以灵活拖曳。

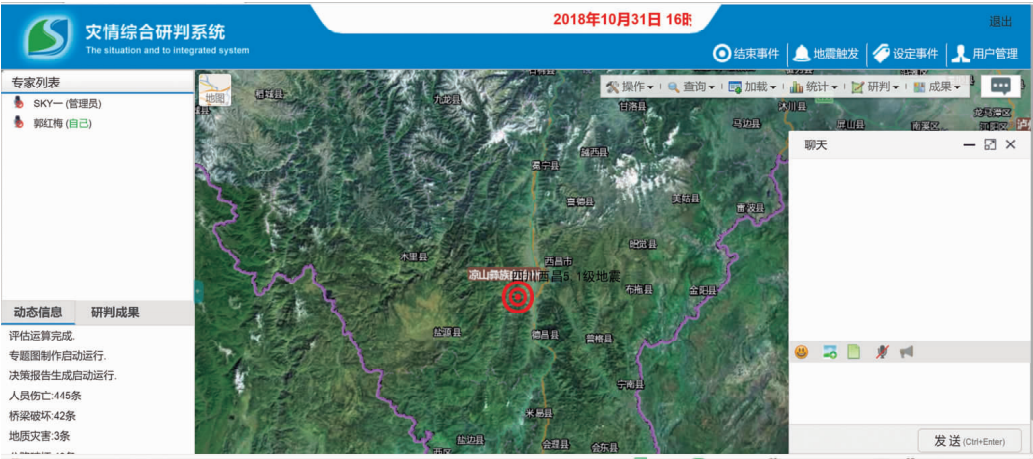


图 4 基于天地图的地震灾情综合研判系统主界面

Fig. 4 The main interface of earthquake disaster comprehensive evaluation system

3.2 应用案例

2017 年 8 月 8 日 21 时 19 分，四川省九寨沟县发生 7.0 级地震，此次地震的最大烈度为 IX 度，等震线长轴总体呈 NNW 走向，VI 度区及以上总面积为 18 295 km<sup>2</sup>，造成四川省、甘肃省共 8 个县受灾，包括四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县、若尔盖县、红原县、松潘县和绵阳市平武县；甘肃省陇南市文县以及甘南藏族自治州舟曲县、迭部县。

九寨沟 7.0 级强烈地震发生后，基于天地图

的地震灾情综合研判系统立即启动，系统应用界面如图 5 所示。该系统于震后 5 min 内产出了历史灾情分布、震区滑坡风险分布等图件。震后 2 h 左右，四川省地震局灾情综合研判小组利用该系统，根据灾情上报数据和余震数据重新对灾区范围进行综合分析，由于余震和灾情数据均朝 NNW 向展布，专家根据经验快速将预评估的 NWW 向，调整成 NNW 向。估计极震区烈度达到 IX 度，IX 度区面积为 58 km<sup>2</sup>，灾区总面积为 17 098 km<sup>2</sup>。

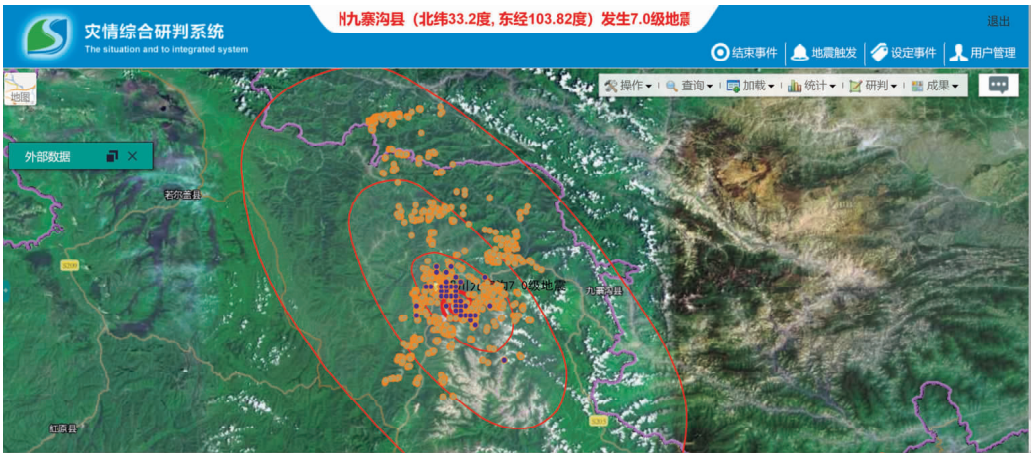


图 5 基于天地图的地震灾情综合研判系统在九寨沟 7.0 级地震中的应用场景

Fig. 5 Scenario of earthquake disaster comprehensive evaluation system applied in Jiuzhaigou M7.0 earthquake based on Tiandi tu



考虑到九寨沟地区大部分房屋严格按照Ⅷ度设防标准进行了抗震设防,专家判定此次地震造成房屋整体垮塌的可能性小,但可能会因为房屋附属设施破坏而造成一定的人员伤亡。震区次生地质灾害风险极高,但由于地震发生在夜晚,震时多数民众在室内,因此判定不会因地质灾害造成大规模的人员伤亡。基于上述分析,评估得出本次地震死亡人数为20~30人,受伤人数为830~1 080人,需紧急安置人数为10 500~12 400人的结论。

在灾区范围分布研判的基础上产出了综合研

判报告和无人机航拍区域建议等图件和文档。随着灾情信息的增多,综合考虑余震分布、灾情上报信息、地质灾害遥感解译结果、现场烈度调查点分布等,灾情综合研判组再次进行了动态研判,产出了灾区范围分布、灾区范围分布(图6)、次生地质灾害分布、交通震害分布等图件和研判报告(图7)。

由于综合考虑了多源灾情信息、余震展布以及对震区背景进行了详细分析,灾情综合研判结果与实际灾情情况吻合度良好,为抗震救灾工作提供了重要的灾情信息支持。

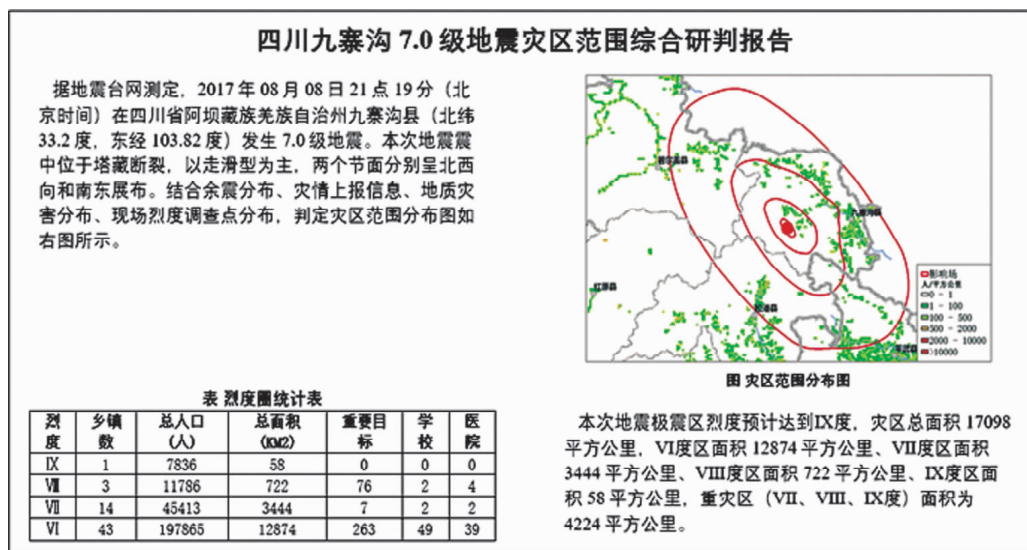


图6 九寨沟地震灾区范围综合研判报告

Fig. 6 Comprehensive evaluation report on the disaster area of Jiuzhaigou M7.0 earthquake

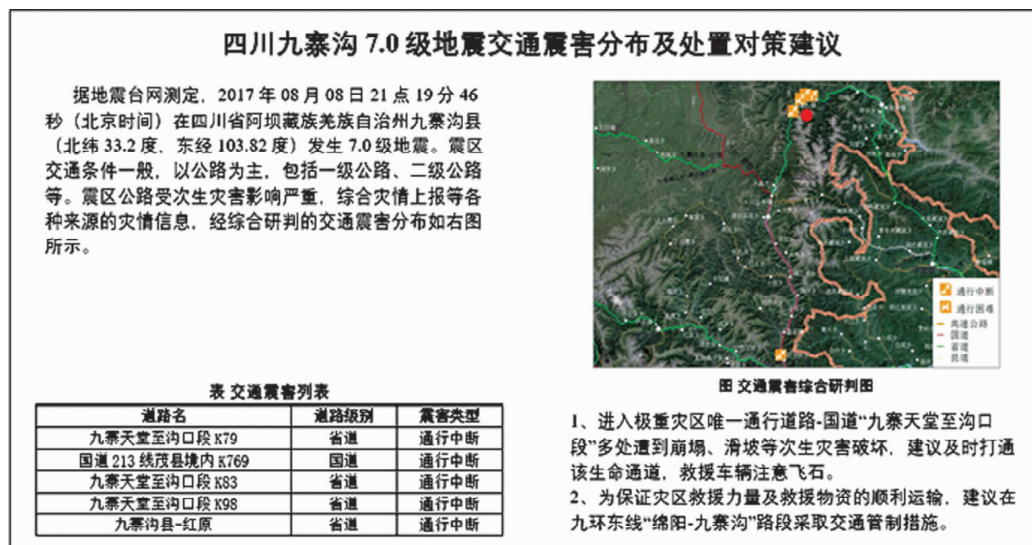


图7 九寨沟地震交通震害分布综合研判报告

Fig. 7 Comprehensive evaluation report on traffic damage distribution of Jiuzhaigou M7.0 earthquake

## 4 结论与讨论

本文介绍了基于天地图的地震灾情综合研判系统研究的背景和意义,阐述了系统研究的目标,系统的结构设计、功能设计和业务流程设计,最后给出系统实现结果。该系统实现了多种灾情信息源协同、多方面研究领域专家互补性协同、后方和现场协同的灾情研判,在九寨沟地震中的得到了实际应用,为地震应急处置工作提供了重要参考。

该系统虽然实现了多源灾情信息的汇集,为专家协同研判提供了工具和平台,但尚未应用人工智能、大数据技术等实现多源灾情信息的自动融合和分析,目前的研判工具包缺乏智能化的工具,这些问题将在下一步的工作中展开研究。

### 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):1225-1238.
- 曹彦波,李永强,胡秀玉,等. 2010. 地震现场灾情信息编码研究[J].

- 地震研究,33(3):344-348.
- 曹彦波,吴艳梅,许瑞杰. 2017. 基于微博舆情数据的震后有感范围提取研究[J]. 地震研究,40(2):303-310.
- 邓砚,聂高众,苏桂武. 2005. 地震应急的影响因素分析[J]. 灾害学,20(2):27-33.
- 何少林,陈文凯,周中红,等. 2014. 甘肃岷县漳县6.6级地震灾情快速评估及应急处置保障[J]. 地震研究,37(4):588-593.
- 李东平,刘倩倩,龚俊. 2017. 基于海量视频监控中的中小地震烈度快速判断方法尝试[J]. 地震研究,40(2):324-332.
- 姜立新,帅向华,聂高众,等. 2012. 地震应急指挥协同技术平台设计研究[J]. 震灾防御技术,7(3):294-301.
- 聂高众,安基文,邓砚. 2012. 地震应急灾情服务进展[J]. 地震地质,34(4):782-790.
- 聂高众,徐敬海. 2018. 基于震源深度的极震区烈度评估模型[J]. 地震地质,40(3):611-619.
- 帅向华,姜立新,聂高众,等. 2011. 国家地震灾情调查系统探讨[J]. 震灾防御技术,6(4):396-405.
- 张小咏,朱俊杰,许建华. 2018. 基于灯光遥感图像的地震灾情信息提取[J]. 地震研究,41(2):311-317.
- Shibayama A, Hisada Y, Mirakami M, et al. 2008. A study on the disaster information collection support system, incorporating information and communication technology[C]. Beijing: The 14th world conference on Earthquake Engineering.

## Design and Realization of Earthquake Disaster Comprehensive Evaluation System Based on Tianditu

GUO Hongmei, ZHANG Ying, ZHAO Zhen, ZHANG Yi  
(Sichuan Earthquake Agency, Chengdu 610041, Sichuan, China)

### Abstract

We described the purpose, system design, design and system function realization of the earthquake disaster comprehensive evaluation system based on "Tianditu", and applied this system to the Jiuzhaigou  $M_s 7.0$  earthquake. The results show that the system realizes the functions as follow: the query and visualization of basic background information and rapid assessment results, the convergence of multi-source disaster information, the comprehensive evaluation of disaster areas, secondary disasters and traffic earthquake hazards etc., as well as report productions and outputs. It provides a convenient tool for experts to carry out coordinated earthquake disaster comprehensive evaluation, important disaster information support for post-earthquake emergency command and decision-making, and effectively supports earthquake emergency work.

**Keywords:** earthquake emergency; disaster information; Tianditu; comprehensive study