

ارزیابی سریع خسارت بلایای طبیعی مبتنی بر اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه

منطقه مورد مطالعه: زمین لرزه مسجدسلیمان

دکتر هادی فدایی^{۱*}، منصور بایزیدی^۲

چکیده

تخمین خسارت براساس مدل‌های از پیش تعیین شده و بازدید میدانی، از آن جهت که نیازمند صرف زمان و هزینه زیادی است، با کاستی‌های زیادی روبه‌رو است؛ از این رو در این تحقیق، در جهت توسعه یک سیستم مبتنی بر وب به منظور جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه در هنگام وقوع زلزله تلاش شده است که کاربران در زمان زلزله با به اشتراک‌گذاری سریع اطلاعات مربوط به خسارات مالی و جانی وارد شده به خود یا سایر افراد، حجم گسترده‌ای از اطلاعات را برای تحلیل در اختیار تیم مدیریت بحران قرار می‌دهند. در این تحقیق نقشه طبقه‌بندی شده خسارت با استفاده از گزارش‌های افراد داوطلب که در محل وقوع زمین‌لرزه حضور داشتند، تهیه شد.

برای ارزیابی نتایج، شهر مسجدسلیمان که اخیراً زمین‌لرزه‌ای به بزرگی ۵٫۷ در مقیاس ریشتر در آن اتفاق افتاده است، به عنوان نمونه مورد مطالعه پیاده‌سازی شد. در این سیستم ۱۳۲ نفر در جمع‌آوری اطلاعات شرکت کردند. صحت‌سنجی اطلاعات با استفاده از نقشه خسارت که از اطلاعات افراد داوطلب تهیه شد، انجام گرفت. سرعت و دقت صحت‌سنجی نتایج نقشه خسارت به میزان چشم‌گیری افزایش پیدا کرد و براساس این روش ۷۶/۶۵٪ اطلاعات صحیح در نظر گرفته شدند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه، باعث بهبود ۸۳٪ سرعت تخمین خسارت و کاهش ۷۵٪ هزینه‌ها در مقایسه با روش‌های موجود، همانند بررسی میدانی محل وقوع زمین‌لرزه می‌شود.

جغرافیا و توسعه، شماره ۶۲، بهار ۱۴۰۰
تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۲۳
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۲۴
صفحات: ۲۲۹-۲۵۰



واژه‌های کلیدی:
اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه، زمین‌لرزه، نقشه خسارت، نقشه‌های تحت وب، جمع‌آوری آنلاین اطلاعات.

مقدمه

توسعه طراحی و معماری وب ۲۰۰، مردم در مدیریت حوادث و بلایای طبیعی به عنوان منابع اطلاعاتی شناخته می‌شوند و قادر به تهیه اطلاعات با استفاده از نقشه‌ها و استفاده از چندین منبع اطلاعاتی، از جمله شبکه‌های اجتماعی شده‌اند (Kankanamge et al., 2019:13; Miller and Goodchild, 2015: 12). یکی از چالش‌ها در حوادث بزرگ، به دست آوردن اطلاعات به صورت به موقع و سریع، از میزان خسارت وارده است (Kerle et al. 2005:18; Yuan and Liu 2018: 17). زیرا ارزیابی سریع خسارت در حوادث بزرگ موجب

فناوری‌های ارتباطی و توسعه ارتباطات اینترنتی پهن باند (Brovelli et al. 2016:10)، GPS، تلفن‌های هوشمند، (Kunze and Hecht 2015:15)، ابزارهای موبایل، توسعه سیستم‌های «محاسبات ابری»^۳ به عنوان مجموعه خدمات ارتباطی (Amarnath 2012: 9) و در مجموع توسعه فناوری طراحی و معماری وب ۲۰۰^۴ (Foster and Dunham 2015: 9) پایه‌ای برای نقشه‌برداری و تولید داده‌های مبتنی بر «جمع‌سپاری»^۵ شده است (Kunze and Hecht 2015:15). با ظهور و

بزرگ، اطلاعات جغرافیایی جمع‌آوری شده توسط مردم در حجم گسترده و به اشتراک‌گذاری سریع این اطلاعات، تأثیر زیادی بر مدیریت حوادث خواهد گذاشت (Haworth, 2016:10) و بر این اساس مردم در مواقعی که نیاز به استفاده از منابع انسانی گسترده‌ای وجود دارد، می‌توانند در نقش افراد داوطلب کمک مؤثری داشته باشند (Bordogna et al. 2014:16; Hand, 2010: 3).

در جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی بر اساس روش‌های سنتی، علاوه بر هزینه زیاد، محدودیت‌هایی در نقشه‌برداری یا به‌روز نگاه‌داشتن اطلاعات جغرافیایی، وجود دارد (Ferster et al. 2018:16). وب‌سایت‌ها، پروژه‌ها و سرویس‌های اشتراک داده، صدا و ویدئو (Huang et al, 2015:15) مانند «اوپن استریت‌مپ»^۳، «گوگل‌مپ»^۴، «توئیتِر» (Kunze & Hecht, 2015:15)، «گوگل‌ارث»^۵ (Goodchild, 2008: 6)، «فلیکِر»^۶ یا یک سیستم اعتبارسازی داده‌ها مانند «ژئو-ویکی»^۷ (Bimonte et al. 2014: 111-123) و دانشنامه‌های عمومی با اشتراک عمومی داده‌ها (Huang et al, 2015: 71-83)، همگی ابزار مناسبی برای اشتراک داده‌ها و اطلاعات جغرافیایی برای کاربران (Kunze & Hecht 2015:15) و ارتباطات اجتماعی بین آن‌ها (Huang et al. 2015: 71-83) شده‌است که این ارتباطات، موجب دسترسی عمومی به داده‌های زمین مرجع شده‌است (Bimonte et al, 2014:111-123) و در نتیجه کارشناسان و گروه‌های عام هر دو قادر خواهند بود داده‌های خود را به اشتراک بگذارند (Bimonte et al, 2014:111-123).

کاهش تلفات می‌شود (Deng et al, 2016:16; Gamba and Casciati 1998:7; Yuan and Liu 2018:18). برای ارزیابی خسارت زلزله، رویکردهای مبتنی بر جی.آی.اس^۱ و سنجش از دور^۲ وجود دارد (Corbane et al. 2011:10; Poser and Dransch 2010:18). به‌عنوان مثال در زلزله ۲۰۱۰ هائیتی برای مشخص کردن میزان تخریب و آسیب در زمان‌های ابتدایی بعد از زلزله، تصاویری با وضوح بالا وجود داشتند که به‌صورت اجمالی میزان تخریب را مشخص کردند، ولی برای به‌دست‌آوردن جزئیات بیشتر خسارت از تصاویر ماهواره‌ای بیشتری که در روزهای بعدی در دسترس بودند، استفاده شد (Corbane et al, 2011: 13)؛ بنابراین استفاده از سنجش‌از‌دور برای ارزیابی سریع و دقیق میزان خسارت زلزله، به در دسترس بودن تصاویر ماهواره‌ای بستگی دارد. از طرفی استفاده از سنجش‌از‌دور برای ارزیابی به‌موقع و کلی خسارت حوادث در مقیاس‌های بزرگ مناسب است، اما برای ارزیابی خسارات در حوادثی که در سطح یک شهر یا شهرستان رخ دهد و نیاز به اطلاعات دقیق و به‌خصوصی باشد، استفاده از مکانیسم‌های جمع‌سپاری در این رابطه مناسب است (Yuan and Liu 2018:2018:18). داشتن اطلاعات از میزان خسارت ناشی از حوادث طبیعی بسیار حائز اهمیت بوده (Melani et al. 2016:13-22). چراکه حفظ زندگی انسان‌ها در بلایایی طبیعی امری مهم و قابل‌توجه است (Kryvasheyev et al. 2016:12; Yuan and Liu 2018:18). ارزیابی و برآورد خسارت، ابزار مهمی برای مقابله با مخاطرات در فجایع طبیعی و آسیب‌های وارده به ساختمان‌ها، منازل و... است (Melani et al. 2016:13-22).

3-Open Street Map
4-Google map
5-Google earth
6-Flicker
7-Geo-wiki

1-Geographic Information System
2-Remote Sensing

سریع در مواقع بحرانی، می‌تواند به دو صورت زیر بیان شود: ۱- گروه‌های مردمی می‌توانند بسیار کارآمدتر نسبت به متخصصان در شرایط خاص عمل کنند و با استفاده از هوش جمعی عملکرد بهتر داشته باشند. ۲- اطلاعاتی که توسط گروه‌های عظیم مردمی جمع‌آوری می‌شوند، می‌تواند بسیار دقیق‌تر از اطلاعاتی باشد که توسط متخصصان جمع می‌شود (Goodchild, 2007: 6). از آنجاکه در سیستم‌های جمع‌آوری اطلاعات براساس جمع‌سپاری در مواقع بحرانی، افراد اطلاعات داوطلبانه را به صورت بلادرنگ و مکان‌مبنا ارسال می‌کنند، مدیران بحران توانایی مناسبی در پاسخ‌گویی به زلزله و کاهش بلاهای ناشی از آن خواهند داشت (Kankanamge et al. 2019: 12). با توجه به اینکه بلایای طبیعی نظیر زمین‌لرزه در مدت‌زمان بسیار کوتاهی باعث بروز خسارات فراوانی به مناطق مسکونی می‌شوند و حجم گسترده‌ای از خسارت جانی و مالی را به جا می‌گذارند، برای تخمین و برآورد خسارت نیز باید حجم عظیمی از اطلاعات را جمع‌آوری و آنالیز کرد که خود نیازمند صرف زمان و هزینه بسیار زیادی است؛ بنابراین می‌توان با استفاده از قدرت مشارکت و همکاری عمومی مردم که در جریان بلایایی طبیعی می‌تواند بسیار کارآمد و راه‌گشا باشند، اقدام به جمع‌آوری اطلاعات کرد. اطلاعاتی نظیر: عکس، متن، ویدئو، موقعیت مکانی، میزان خسارت و... در این مواقع می‌تواند بسیاری از مشکلات تخمین خسارت را حل کند و صرفاً با راه‌اندازی برنامه‌های تحت وب می‌توان اقدام به جمع‌آوری این اطلاعات کرد.

از زمان مطرح‌شدن مفهوم اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه، مطالعات متعددی در رابطه با این مفهوم صورت گرفته‌است. در این میان برخی مطالعات به تأیید

«اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه»^۱ که توسط گودچایلد در سال ۲۰۰۷ مطرح شد (Brovelli et al, 2016: 10)، مفهومی برای تشکیل یک منبع اطلاعاتی مکانی با مشارکت مردم در پایین‌ترین سطح به‌عنوان مشاهده‌گر و در سطح بالا به‌عنوان مشارکت‌کننده و بیان‌کننده راه‌حل‌ها (Bimonte et al, 2014: 111-123) است که تبدیل به یک مبحث مهم در حوزه جغرافیا و سیستم اطلاعات جغرافیایی شده‌است (Foster & Dunham, 2015: 15) و هدف آن تأمین، تولید و فراهم‌آوردن داده‌ها، گردآوری و تحلیل داده‌های فضایی و چندرسانه‌ای مختلف و ناهمگن (Bimonte et al, 2014: 111-123) از طریق فعالیت‌های داوطلبانه افراد و گروه‌ها (Foster & Dunham, 2015: 11) و بر مبنای واحدهای اطلاعاتی مرتبط با یک شیء دارای مختصات در سطح زمین (Bordogna, 2014: 16) است؛ به‌علاوه اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه در ایجاد و تقویت روابط در جامعه می‌تواند نقش بسیار مهمی را ایفا کند و در واقع بزرگ‌ترین تأثیر آن در هنگام بروز حوادث در جامعه نمایان می‌شود و از طریق به‌اشتراک‌گذاری اطلاعات و افزایش قدرت مردم براساس مشارکت آن‌ها، موجب تقویت روابط در جامعه می‌شود (Haworth, 2016: 10). در واقع با توسعه طراحی و معماری وب ۲.۰، اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه به «یک واقعیت» تبدیل شده است که به‌دنبال تغییر رویه تهیه داده از سیستم‌های دقیق و کنترل‌شده به سمت داده‌های مردمی بوده (Bimonte et al, 2014: 111-123) و روش مناسبی نیز برای ایجاد زیرساخت داده‌های مکانی است (Rajabifard et al, 2002: 11-22).

امروزه اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه به‌عنوان یک روش جدید در جمع‌آوری اطلاعات حساس برای واکنش

برشمرده‌اند (Haworth, 2016: 10). مشکلاتی نیز برای استفاده مؤثر از اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه وجود دارد که نیاز به بررسی دقیق دارند (Haworth, 2016: 10).

آسیب‌پذیری شامل مواردی از جمله مباحث جمعیت‌شناسی، دسترسی به فناوری و استفاده از اینترنت توسط مردم، کیفیت داده‌های داوطلبانه (Goodchild & Li, 2012:110-120; Ostermann & Spinsanti, 2011:36-44، صحت و اعتبار منابع اطلاعاتی داوطلبانه (Flanagin & Metzger, 2008:12)، امنیت (Shanley et al, 2013:15)، مدیریت حجم زیاد داده‌ها (Spinsanti & Ostermann, 2013:36-44) و ملاحظات قانونی و مسئولیت حفظ حریم خصوصی کاربران (Scassa, 2012:10) است.

براساس بررسی تحقیقات پیشین، خلأ توسعه یک سیستم جمع‌آوری و به‌اشتراک‌گذاری اطلاعات خسارت زلزله به‌صورت بلادرنگ مبتنی بر اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه بر یک پلتفرم متن‌باز که امکان تحلیل بلادرنگ و مشخص کردن کانون‌های خسارت و بازه میزان خسارت بر روی نقشه برای نمایش به مدیران بحران برای تصمیم‌گیری‌های بهینه و به‌موقع را داشته باشد، وجود دارد که در این تحقیق به توسعه این سیستم، تست و ارزیابی کارکرد سیستم و امکان‌سنجی استفاده از اطلاعات داوطلبانه برای ارزیابی خسارت پرداخته شده‌است.

هدف اصلی این تحقیق طراحی سیستم تحت وب برای جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه و سیستم تحلیل اطلاعات جغرافیایی مبتنی بر وب به‌منظور ساخت نقشه‌های خسارت برای ارزیابی بلادرنگ خسارت است که در نهایت نقشه‌های تولیدشده در اختیار

کلی نتایج این دیدگاه در مقایسه با روش‌های دیگر پرداختند. همچنین فلاویو و هوریتا (۲۰۱۳) به‌ایجاد یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی از طریق ترکیب شبکه‌های سنسور (وای‌فای^۱) و اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه به‌منظور استفاده در شرایط اضطراری پرداختند (Flavio & Horita, 2013: 301-306). در تاسمانی در سال ۲۰۱۳ پس از آتش‌سوزی گسترده، یک صفحه در فیس‌بوک به‌منظور به‌اشتراک‌گذاری اطلاعات مکانی افراد برای کمک به امداد رسانی و آتش‌نشانی در زمینه‌های مختلف ایجاد شد که در ۲۴ ساعت ۱۷۰۰۰ و بعد از آن حتی به بیش از ۲ میلیون نفر دنبال‌کننده رسید و این ایده موجب شده که مردم زیادی به‌عنوان افراد داوطلب در کاهش آسیب‌های ناشی از حوادث طبیعی که سازمان‌های رسمی به‌تنهایی قادر به انجام آن نیستند، تأثیرگذار باشند (Haworth 2016:10). (Yuan and Liu 2018:18) با بررسی فناوری‌ها و ویژگی‌های کلیدی مرتبط با جمع‌آوری داوطلبانه اطلاعات توسط مردم بیان کردند که استفاده از اطلاعات آسیب‌ها و خسارات برای مدیران و سیاست‌گذاران در تصمیم‌گیری هنگام وقوع بلاهای طبیعی از اهمیت زیادی برخوردار بوده و آسیب‌های ناشی از بلاهای طبیعی را کاهش می‌دهد.

از طرفی طبق مطالعات صورت‌گرفته در رابطه با اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه در زمینه مدیریت حوادث، تبادل به‌موقع اطلاعات، ارتقای سطح ارتباطات، ارائه اطلاعات مکمل برای تهیه نقشه حوادث در مناطق دارای اطلاعات فضایی ضعیف و دریافت اطلاعات در حداقل زمان ممکن و تقریباً بلادرنگ را جزء ملاحظات مهم برای استفاده از اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه

روش‌شناسی

- منطقه مورد مطالعه

در ۸ جولای ۲۰۱۹ ساعت ۰۷:۰۰:۳۳ به وقت تهران، زمین‌لرزه‌ای به بزرگی ۵/۷ در مقیاس ریشتر در منطقه جغرافیایی ۳۱/۹۵ شمالی و ۴۹/۵۰ شرقی به وقوع پیوست. زمین‌لرزه در شهرهای مختلف استان‌های خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد و ایلام احساس شد. با توجه به اینکه زمین‌لرزه در ۱۹ کیلومتری شهر مسجدسلیمان رخ داد، سبب بروز خسارات مالی فراوانی به ابنیه این شهر و همچنین زخمی شدن تعدادی از هموطنانمان شد (تصویر ۱). با توجه به خسارت وارده به مناطق مسکونی، این منطقه به‌عنوان منطقه موردی برای تست کارایی سیستم انتخاب شد و تعدادی از ساکنان شهر بعد از راه‌اندازی سیستم گزارش‌های خود را در سیستم ثبت کردند (تصویر ۲).

گروه‌های مدیریت بحران قرار داده می‌شوند تا میزان خسارت وارده به مناطق مسکونی با کمترین هزینه و در کمترین زمان، تخمین زده شود. پس از جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی، آنالیزهای مکانی برای مشخص کردن کانون‌های عمده خسارت بر روی این اطلاعات صورت خواهد گرفت؛ چراکه با داشتن موقعیت مکانی فرد گزارش‌دهنده و میزان خسارت گزارش شده و تعداد افراد مصدوم یا فوت شده، به راحتی مشخص و در اولین قدم می‌توان نقشه‌های خسارت را تولید و در گام بعدی نقشه پراکندگی میزان تلفات یا مصدومان را ترسیم کرد که این نقشه‌ها می‌توانند در مکان‌یابی سوله‌های مدیریت بحران برای کمک‌رسانی به افراد آسیب‌دیده، مؤثر باشند.



تصویر ۱: منطقه مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: فدایی، بایزیدی، ۱۳۹۹. خوزستان، مسجدسلیمان



تصویر ۲: خسارات وارده به ساختمان‌ها

تهیه و ترسیم: فدایی، بایزیدی، ۱۳۹۹. خوزستان، مسجد سلیمان

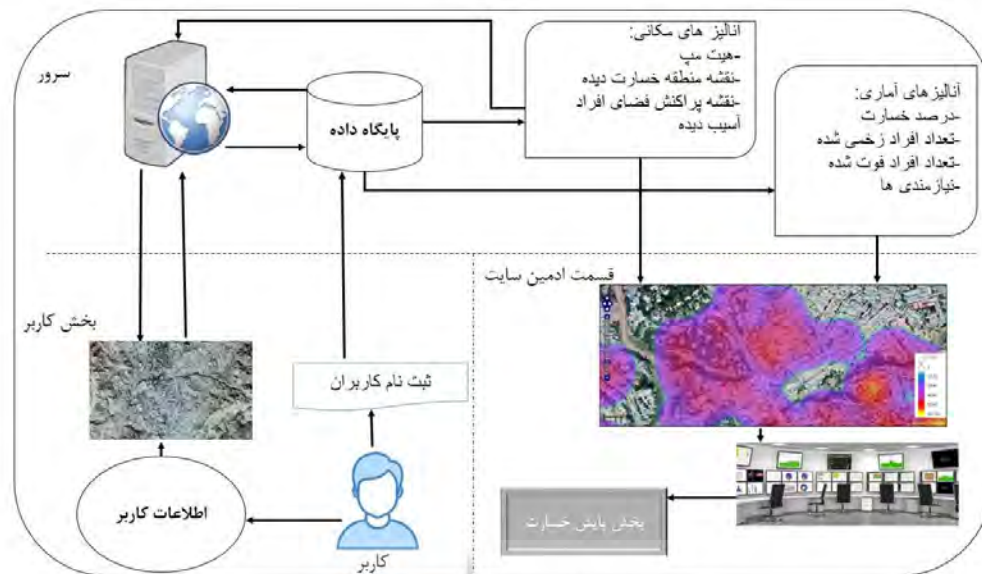
- معماری سیستم

سیستم ارزیابی خسارت زمین‌لرزه شامل دو بخش «سرور اصلی»^۱ و «رابط کاربری»^۲ است. رابط کاربری شامل بخش‌های ثبت‌نام، گزارش خسارت، پرسش و پاسخ از پایگاه داده، آنالیز مکانی و مشاهده گزارش‌های ارسالی است که کاربران بتوانند براساس آن به‌راحتی با وبسایت تعامل دوطرفه داشته باشند و درعین‌حال کارایی بالایی در زمینه گزارش اطلاعات مربوط به خسارت داشته باشند. برای نقشه پس‌زمینه نیز از تصاویر ژئورفرنس‌شده گوگل‌ارث که دارای قدرت تفکیک مکانی بالایی هستند، استفاده شد و این اطلاعات توسط نرم‌افزار کوانتم جی.آی.اس که نرم‌افزاری متن‌باز برای پردازش اطلاعات رقومی است، ژئورفرنس شدند تا کاربران به‌راحتی بتوانند محل موردنظر گزارش را پیدا کنند. در طراحی این سیستم از زبان‌های برنامه‌نویسی جاوااسکریپت^۳، زبان برنامه‌نویسی شیء‌گرا (پی.اچ.پی)^۴، شیوه‌نامه آبخاری (سی.اس.اس)^۵، زبان نشانه‌گذاری ابرمتنی (اچ.تی.ام.ال)^۶، زبان پرسمان (اس.کیوال)^۷

پی.اچ.پی، به‌منظور ساخت «سمت کاربر»^۸ استفاده شده است. همچنین برای ساخت سرور از پایگاه داده شیء-رابطه‌ای (پستگرس کیوال)^۹، برای سرور نقشه (ژئوسرور)^{۱۰} (یک سرور منبع‌باز است که به زبان جاوا نوشته شده و به کاربران اجازه می‌دهد داده‌های مکانی را به اشتراک بگذارند و پردازش و ویرایش کنند) استفاده شد و زبان نشانه‌گذاری گسترش‌پذیر (اکس.ام.ال)^{۱۱} برای ارتباط بین پایگاه داده و سرور نقشه مورد استفاده قرار گرفت. تصویر ۳ مدل مفهومی سیستم را نشان می‌دهد. در این مدل ابتدا کاربر در وبسایت ثبت‌نام و سپس اقدام به گزارش میزان خسارت زمین‌لرزه می‌کند. خسارت‌های گزارش‌شده در «پایگاه داده»^{۱۲} نگهداری می‌شوند و در دو آنالیز مکانی و آماری مورد استفاده قرار می‌گیرند. در آنالیز مکانی نقشه‌های میزان خسارت، پراکنش افراد آسیب‌دیده و فوت‌شده تولید می‌شود و در آنالیز آماری براساس اطلاعات ارسالی کاربران، تعداد افراد آسیب‌دیده و فوت‌شده محاسبه می‌شود و برای برآورد میزان کمک‌های پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- 1-Main server
- 2-User interface
- 3-Javascript
- 4-PHP
- 5-Cascading Style Sheets (CSS)
- 6-Hypertext Markup Language (HTML)
- 7-Structured Query Language (SQL)

- 8-Client side
- 9-Postgresql
- 10-Geoserver
- 11-Extensible Markup Language (XML)
- 12-Database



تصویر ۳: مدل مفهومی سیستم گزارش خسارت

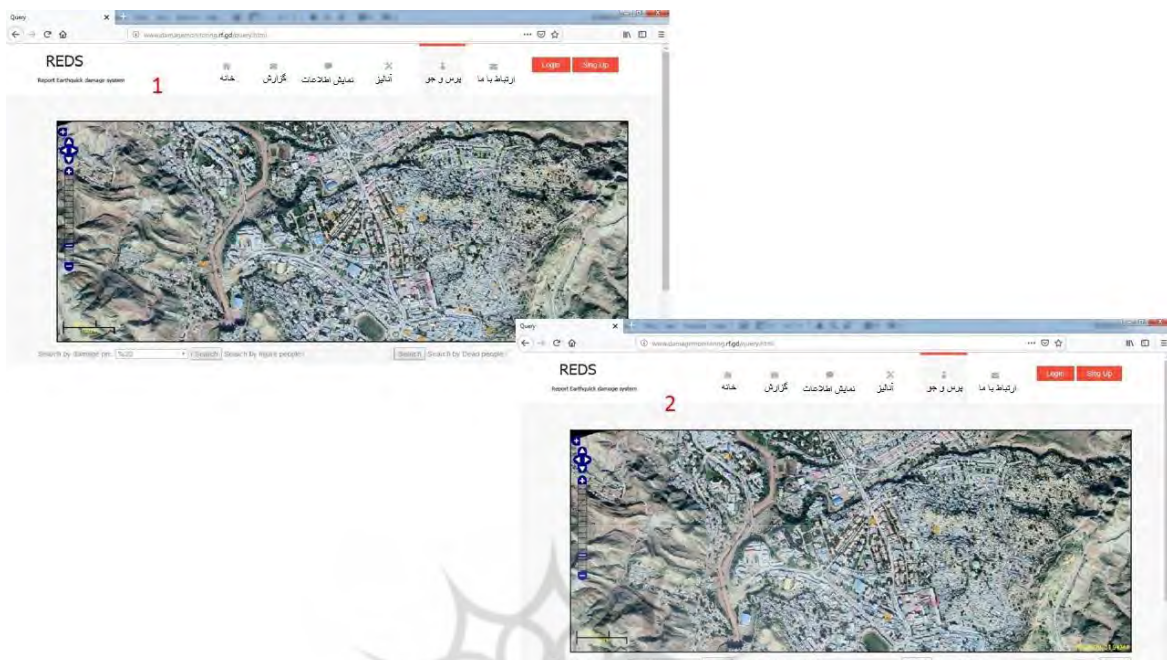
تهیه و ترسیم: فدایی، پایزیدی، ۱۳۹۹

- شرح سیستم

بتوانند به راحتی با کلیک بر روی نقاط، اطلاعات کلی را درباره میزان خسارت ببینند (تصویر ۵). در این بخش همه اطلاعاتی که ارسال شده، به صورت نقاط زمین مرجع شده بر روی تصویر ماهواره‌ای با کیفیت مناسب به نمایش گذاشته می‌شوند. کاربر می‌تواند اطلاعاتی مانند نام و نام خانوادگی فرد گزارش‌دهنده، تعداد مجروحان و تعداد افراد فوت‌شده و عکس و توضیحات اضافه مربوط به گزارش را ببیند. برای تعیین میزان خسارت نیز دو راه‌کار ارائه شده است. راه‌کار نخست، ارزیابی خسارت نسبی در زمان‌های ابتدایی وقوع زلزله است که براساس توضیحات ارائه‌شده توسط کارشناسان مدیریت بحران انجام می‌شود و به صورت فایل تصویری و متنی در سایت قرار داده می‌شود و به صورت بسیار ساده به مردم در اعلام میزان خسارت نسبی توسط خودشان کمک می‌کند.

سیستم طراحی شده شامل ۴ بخش اصلی است. بخش اول سیستم یعنی بخش گزارش میزان خسارت است. براساس نمای کلی (تصویر ۴)، کاربر وارد صفحه گزارش می‌شود و با کشیدن نقطه یا پولیگون، ساختمان موردنظر را انتخاب می‌کند و سپس فرم گزارش را که به صورت تبلیغات بالابر (پاپ آپ) قرار داده شده است، پر می‌کند و اطلاعاتی نظیر نام و نام خانوادگی، تعداد افراد مصدوم یا فوت‌شده را همراه با تصویری از محل خسارت دیده و میزان خسارت وارد می‌کند و در صورت وجود، توضیحات اضافه نظیر نیازمندی به کمک‌های فوری و... را در قسمت توضیحات اضافه می‌کند. اطلاعات ارسالی ابتدا به پایگاه داده ارسال می‌شوند و در آنجا به صورت اشکال (پوینت^۱ یا پولیگون^۲) زمین مرجع شده ذخیره می‌شوند تا در مراحل بعدی آنالیز بتوان از آن‌ها بهره برد. در ادامه بخش نمایش اطلاعات طراحی شده است تا کاربران

1-Pop-ups (Pop-up ad)
2-Point
3-Polygon



تصویر ۴: نمایی از بخش گزارش خسارت تهیه و ترسیم: فدایی، بابزیدی، ۱۳۹۹



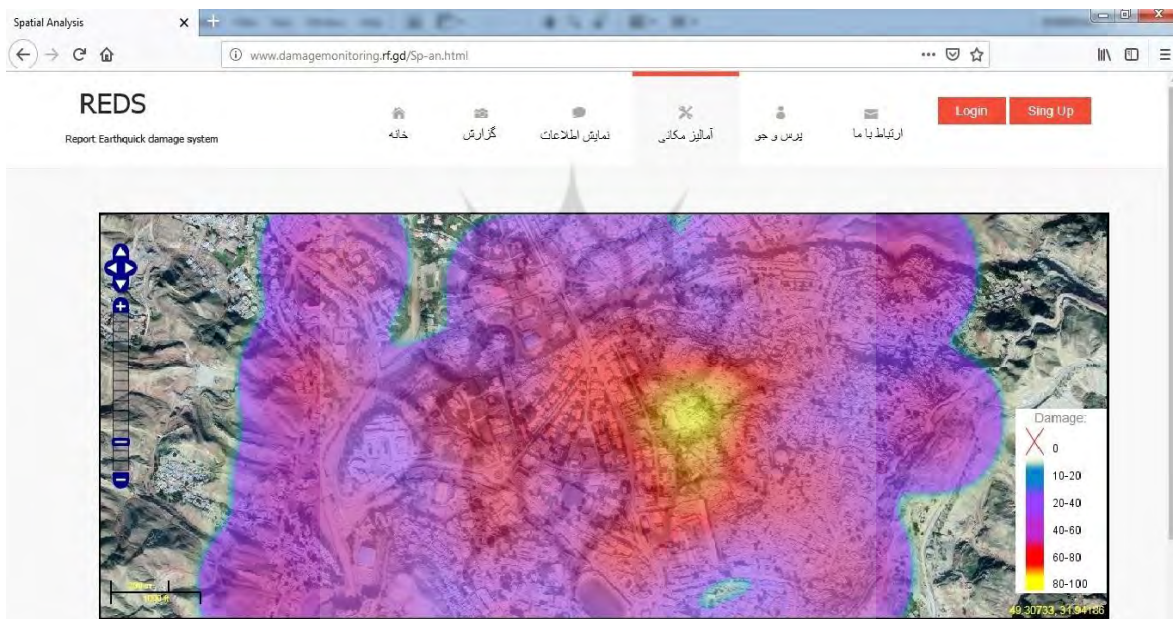
تصویر ۵: صفحه مربوط به مشاهده جزئیات گزارش‌های ارسال شده تهیه و ترسیم: فدایی، بابزیدی، ۱۳۹۹

هر نقطه است که به صورت رنگ به نمایش درمی‌آیند (www.giscloud.com, 2019). براساس این توضیح، با تأکید بر اطلاعات مربوط به میزان خسارت (به درصد) که توسط کاربران هنگام تکمیل فرم مربوط به

بخش بعدی مربوط به آنالیزهای مکانی است که توسط سرور انجام می‌شود. در این قسمت آنالیز مبتنی بر نقشه خسارت انتخاب شده است. نقشه خسارت روش تجسم غلظت نقاط براساس ارزش‌های

کوتاه و با نگاهی بر راهنمای نقشه، به راحتی می توان گسترش فضایی خسارت را بررسی کرد. همچنین مناطقی که متحمل بیشترین آسیب شده اند، به راحتی قابل تشخیص خواهند بود. با استفاده از این آنالیز، میزان خسارت منازل فاقد اطلاعات، به صورت تقریبی قابل تخمین است (تصویر ۶).

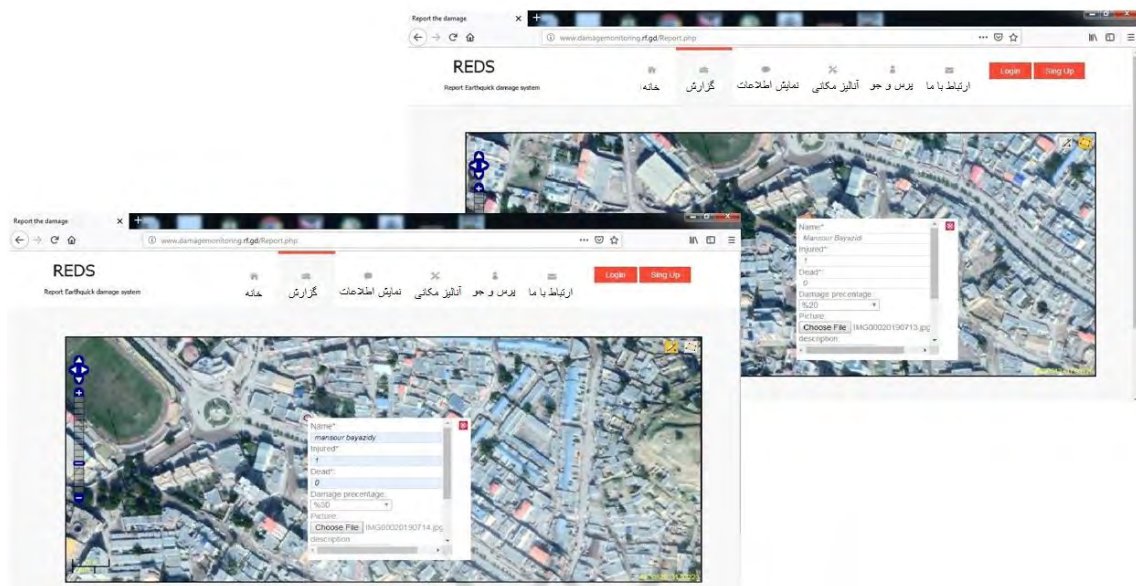
گزارش وارد شده است، میزان خسارت مشخص و ارسال می شود. نقشه خسارت منطقه به صورت طبقه بندی شده توسط نقشه خسارت تولید می شود و سپس بر روی وبسایت قرار داده می شود. در این نقشه نقاط با بیشترین میزان خسارت، به رنگ زرد نمایش داده می شوند و همچنین نقاط با کمترین میزان خسارت، به رنگ آبی درمی آیند؛ بنابراین با این توضیح



تصویر ۶: صفحه نقشه خسارت تولید شده براساس میزان خسارت گزارش شده توسط کاربران تهیه و ترسیم: فدایی، پایزیدی، ۱۳۹۹

کاربران می توانند براساس تعداد افراد مجروح از پایگاه داده پرس و جو کنند (تصویر ۷-ب)؛ بدین صورت که با وارد کردن تعداد افراد مجروح در قسمت مشخص شده، تمامی کاربرانی که تعداد مشابهی به این عدد را ثبت کرده باشند را برای کاربر نشان می دهد. در مواقع ضروری که تعداد افراد آسیب دیده در یک منطقه زیاد است، می توان با استفاده از پرسش و پاسخ از پایگاه داده این مناطق را مشخص و آن مناطق را در اولویت امداد رسانی قرار داد.

در بخش آخر سامانه، قسمت پرسش و پاسخ از پایگاه داده قرار داده شده است. در این قسمت کاربر می تواند به سه صورت از پایگاه داده پرسش گری کرده و نتایج پرسش مورد نظر خود را به صورت نقاط بر روی نقشه ببیند. در ابتدا کاربر می تواند براساس میزان خسارت (تصویر ۷-الف) از پایگاه داده ها پرسش کند و نتایج پرسش خود را بر روی نقشه ببیند که شامل تمامی داده های ارسالی کاربران است که از نظر میزان خسارت ثبت شده برابر با نظر کاربر باشد؛ همچنین می تواند این کار را برای تعداد افراد آسیب دیده نیز انجام داد.



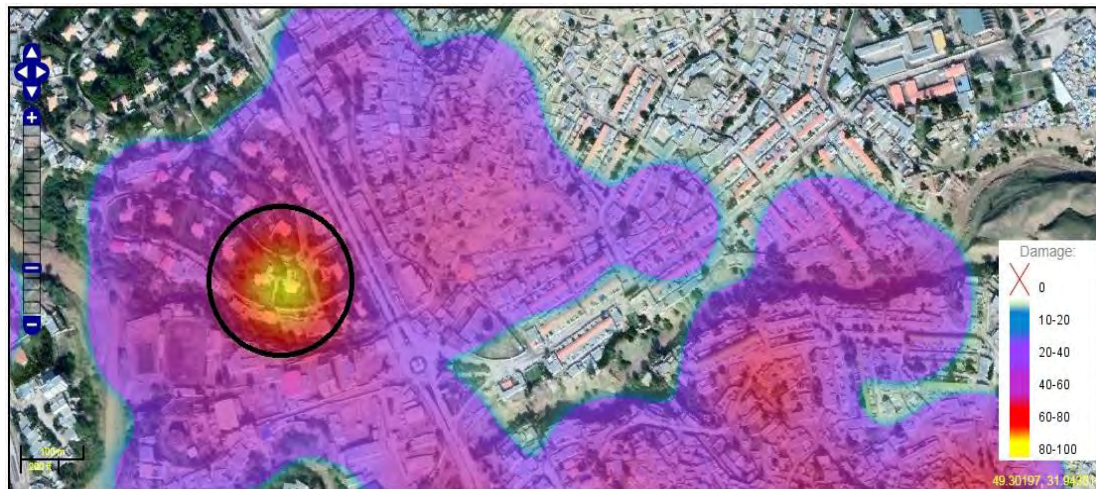
تصویر ۷: صفحه پرس و جو از پایگاه داده که براساس الف: میزان خسارت، ب: تعداد افراد مجروح، طراحی شد.

تهیه و ترسیم: فدایی، بایزیدی، ۱۳۹۹

- صحت‌سنجی اطلاعات

پس از جمع‌آوری اطلاعات مربوط به خسارت، نقشه طبقه‌بندی‌شده مناطق خسارت‌دیده با استفاده از نقشه خسارت استخراج شده است. ساختمان‌هایی که دارای تفاوت خسارت زیادی نسبت به ساختمان‌های همسایه خود بودند، به‌عنوان نقاط دارای خطا در نظر گرفته شدند و سپس براساس اطلاعات ارسالی کاربران از قبیل اسم و شماره همراه، سعی شد که با فرد گزارش‌دهنده تماس برقرار شود و بدین‌وسیله از صحت اطلاعات ارسالی اطمینان حاصل شود. در صورتی که فرد گزارش‌دهنده با ارسال اطلاعات تکمیلی صحت گزارش خود را اثبات کند، اطلاعات ثبت‌شده در پایگاه داده باقی می‌ماند و در غیر این صورت از پایگاه داده حذف می‌شوند.

باوجود کاربرد اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه در جمع‌آوری سریع اطلاعات مربوط به خسارت بلایای طبیعی، اعتماد به داده‌ها و کیفیت آن‌ها (Foster and Dunham 2015:11) به‌عنوان یک مسئله باقی‌مانده است (Bimonte et al, 2014: 111-123) که این مسئله، موضوع صحت‌سنجی داده‌ها را مطرح می‌کند؛ بنابراین مهم‌ترین مسئله در ارزیابی استفاده از اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه برای جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی در وقوع بحران و تحلیل بلادرنگ آن، صحت اطلاعات است. در این تحقیق دو رویکرد برای ارزیابی صحت اطلاعات مورد استفاده قرار گرفته است. در رویکرد اول از نقشه‌های خسارت به‌عنوان پایه و اساس صحت‌سنجی استفاده شده است. در این روش



تصویر ۸: گزارش دارای خطا

تهیه و ترسیم: فدایی، پایزیدی، ۱۳۹۹

مورد بررسی قرار گرفته و پس از تماس با شخص گزارش‌دهنده و درخواست اطلاعات دقیق‌تر، عدم صحت داده محرض و داده از پایگاه داده حذف شد و نقشه به حالت نرمال برگشت (تصویر ۹).

همان‌طور که از تصویر ۸ برمی‌آید، نقشه خسارت برای منطقه دارای یکنواختی مناسبی است و نشان از نزدیک بودن اطلاعات به هم می‌دهد، ولی با این حال یک گزارش یکنواختی نقشه را به هم زده است؛ بنابراین این گزارش برای کسب صحت اطلاعات ارسالی



تصویر ۹: نقشه خسارت اصلاح شده پس از صحت‌سنجی

تهیه و ترسیم: فدایی، پایزیدی، ۱۳۹۹

در این‌گونه نقشه‌ها می‌تواند امر صحت‌سنجی را تصریح کند و نقاط و گزارش‌هایی که منطقه خسارت را از حد معمول بیشتر گزارش داده‌اند، به راحتی قابل تشخیص است. چنانکه در این تحقیق گزارش‌های

همچنین با استفاده از این روش، ۳۰ گزارش که با اطلاعات ارسالی همسایگانشان همخوانی نداشت، پس از تماس با فرد گزارش‌دهنده از پایگاه داده حذف شدند. به کارگرفتن نقشه خسارت برای صحت‌سنجی

و از چرخه بررسی و آنالیز حذف شد. همچنین ۴۳ مورد از گزارش‌ها به‌صورت پولیگون و ۸۹ مورد از گزارش‌ها به‌صورت نقطه‌ای در پایگاه داده ثبت شد (جدول ۱).

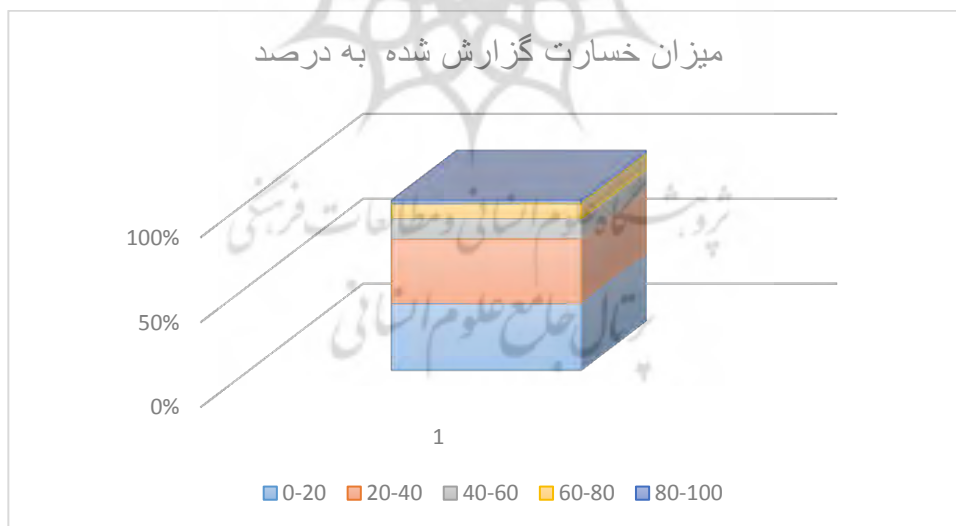
جدول ۱: نوع گزارش‌های ارسالی کاربران و تعداد آن‌ها

ردیف	نوع گزارش	تعداد گزارش
۱	نقطه‌ای	۸۹
۲	پولیگون	۴۳

ماخذ: فدایی، بایزیدی، ۱۳۹۹

نتایج آماری خسارت

نتیجه حاصل از تحلیل آماری خسارت‌های ثبت‌شده در پایگاه داده نشان می‌دهد که میزان خسارت بین ۰ تا ۴۰ درصد گزارش شده توسط کاربران، دارای بالاترین فراوانی و همچنین خسارت بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد دارای کمترین فراوانی است (تصویر ۱۰).



تصویر ۱۰: نمایش آماری میزان خسارت‌های گزارش شده توسط کاربران

تهیه و ترسیم: فدایی، بایزیدی، ۱۳۹۹

صحیح ثبت‌شده، مربوط به نیازمندی‌های وسایل گرم‌کننده، دارو، آب و غذا است که به‌صورت جدول ۲ ارائه شده است.

اشتباه در روز اول بعد از ثبت یا استفاده از نقشه خسارت، تشخیص داده شدند و از پایگاه داده حذف شدند.

نتایج

گزارشات داوطلبانه دریافتی ثبت‌شده

۱۳۲ نفر در این تحقیق مشارکت و در وبسایت ثبت‌نام کرده‌اند که در مجموع ۱۰۲ گزارش با میانگین دقت ۷۶٫۵۲٪ به‌صورت صحیح ثبت شده و در پردازش‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بقیه گزارش‌های ثبت‌شده به‌دلیل وجود برخی اشکالات، اعم از نوع تصویر ارسالی، عدم همخوانی میزان خسارت برآوردشده با تصویر ارسالی، ارسال گزارش اشتباه از تعداد افراد آسیب‌دیده یا فوت‌شده براساس نظر کارشناسان مدیریت بحران و نقشه خسارت منطقه به‌عنوان داده‌های خطا در نظر گرفته شده است

اولویت نیازمندی‌های افراد گزارش‌دهنده

همچنین مطابق با نظرات کاربران درباره نیازمندی‌ها که در هنگام گزارش‌دهی در سیستم ثبت کرده‌اند، بیشتر فراوانی نظرات کاربران از بین ۱۰۲ گزارش

جدول ۲: اولویت‌بندی نیازمندی‌های افراد گزارش‌دهنده براساس اطلاعات ارسال‌شده

نیازمندی	فراوانی (برحسب نفر)
نیاز به آب و غذا	۴۹
نیاز به داروهای مسکن، آنتی‌بیوتیک و...	۳۲
نیاز به وسایل شکسته‌بند	۴۱
نیاز به چادر و وسایل گرم‌کننده	۵۴

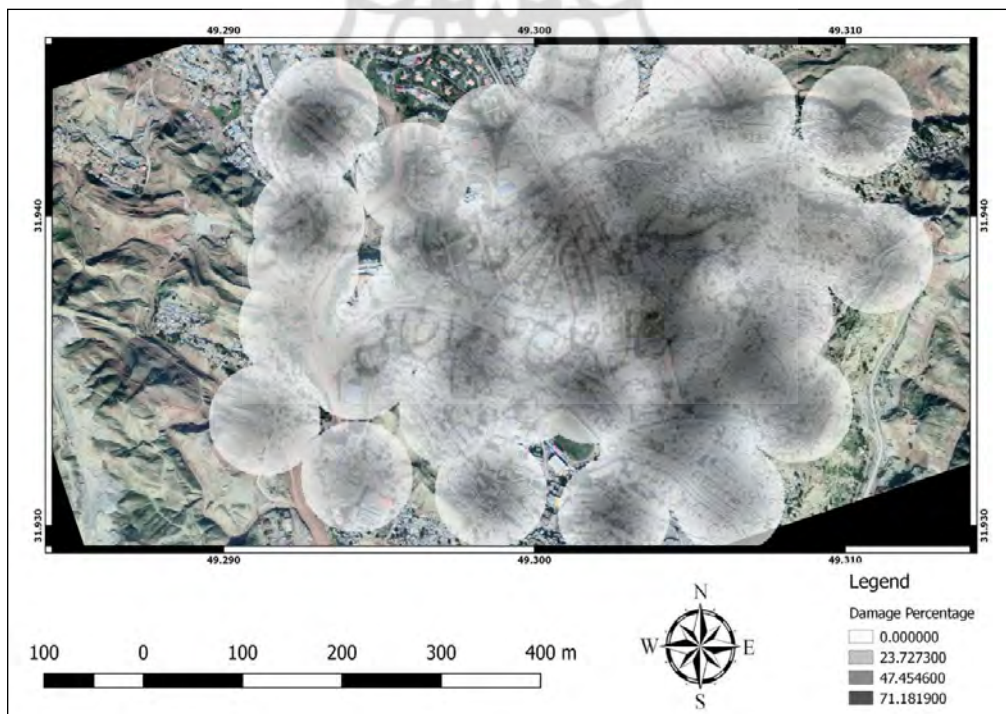
مأخذ: فدایی، بایزیدی، ۱۳۹۹

بسیار سریع آپدیت می‌شوند. همچنین می‌توان دید بسیار دقیقی از عمق فاجعه به‌دست آورد و اقدامات لازم را در کمترین زمان انجام داد؛ علاوه‌براین برای هر ساختمانی که اطلاعات خسارت آن توسط ساکنان آن یا سایر افراد ارسال شده‌است، می‌توان به نیازمندی‌های آن‌ها پی برد و کمک‌رسانی را به‌صورت مدیریت‌شده و نقطه‌به‌نقطه انجام داد و از دوباره‌کاری پرهیز کرد.

علاوه‌بر نتایج آماری می‌توان نتایج را به‌صورت نقشه‌های خسارت ارائه کرد تا بتوان از این اطلاعات در سایر امور امداد رسانی و کمک به آسیب‌دیدگان استفاده کرد (تصاویر ۱۱ و ۱۲).

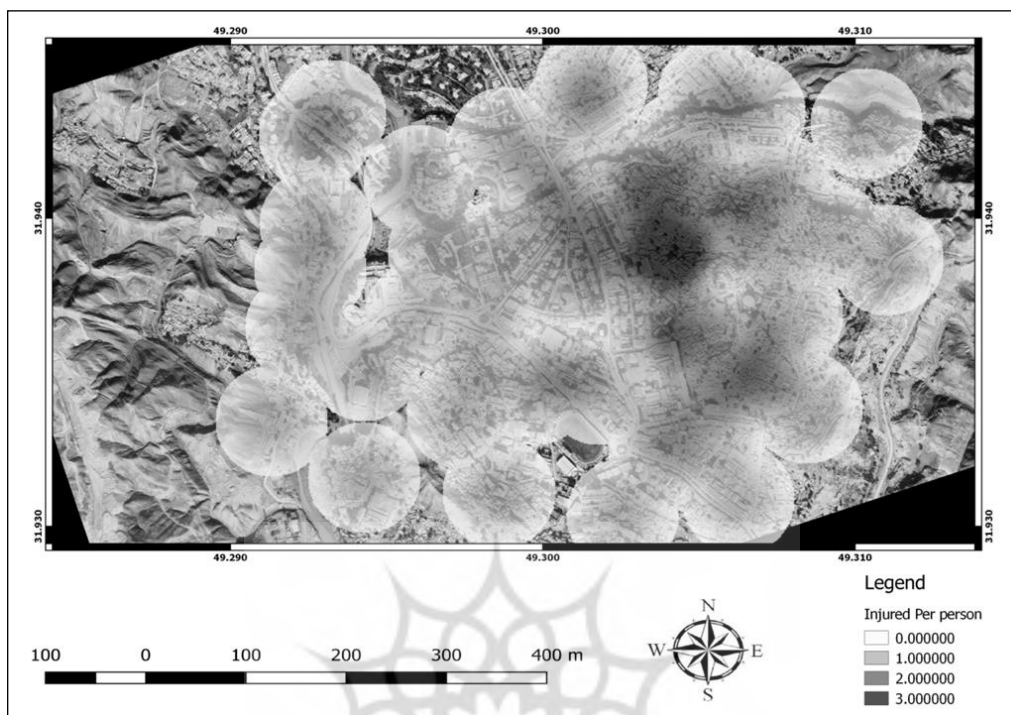
نقشه خسارت و تعداد افراد مصدوم

مزیت نقشه‌های خسارت تولیدشده با استفاده از این روش در این است که بسیار سریع تولید می‌شوند و به‌همین دلیل به واقعیت موجود بسیار نزدیک هستند و



تصویر ۱۱: نقشه میزان خسارت به‌بارآمده براساس درصد خسارت

تهیه و ترسیم: فدایی، بایزیدی، ۱۳۹۹



تصویر ۱۲: نقشه تعداد افراد مصدوم

تهیه و ترسیم: فدایی، پایزیدی، ۱۳۹۹

هزینه ناچیزی جمع‌آوری کرد و در امر پردازش و تولید نقشه‌های خسارت از آن‌ها بهره برد. همچنین به منظور بررسی عملکرد سیستم در مقایسه با روش‌های موجود (بررسی میدانی)، اطلاعات به‌دست‌آمده از این روش با روش‌های فعلی که توسط سازمان مدیریت بحران مورد استفاده قرار می‌گیرد، سنجیده شد. نتایج این بررسی به صورت جدول زیر است.

ارزیابی براساس آماربرداری میدانی

بررسی نتایج براساس صحت ۷۶٫۵۲٪ اطلاعات (با توجه به اینکه ۱۰۲ گزارش از ۱۳۲ گزارش مورد تأیید افراد متخصص در زمینه بررسی خسارت قرار گرفته است، میزان صحت اطلاعات ۷۶٫۵۲٪ درصد به‌دست آمده است) دریافت‌شده نشان‌دهنده کارکرد مناسب سیستم در مواقع بحرانی است و می‌توان به راحتی با ساخت سامانه‌های مبتنی بر وب، اطلاعات حساس مربوط به خسارت را در زمان بسیار کوتاهی و با صرف

جدول ۳: بررسی عملکرد روش بررسی میدانی با روش اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه

برای جمع‌آوری اطلاعات خسارت ۱۰۲ واحد مسکونی

روش‌های تخمین خسارت	زمان	هزینه (ریال)
روش بررسی میدانی	۱۹٫۵ (روز کاری)	۱۸۷۵۰۰۰
روش اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه	۳ (روز کاری)	۴۰۰۰۰۰ (هزینه راه‌اندازی سیستم)

مأخذ: فدایی، پایزیدی، ۱۳۹۹

خسارت به صورت تقریبی و براساس اطلاعات ارسالی کاربران برآورد شده است. حجم کلی خسارت با استفاده از میانگین گیری از ستون خسارت تعبیه شده در پایگاه داده برآورد شد که در این تحقیق میزان آن ۳۸،۶۷ درصد محاسبه شده است و به نتایج ارزیابی میدانی میزان خسارت کلی برآورد شده که بین ۲۰ تا ۵۰ درصد است، بسیار نزدیک است. همچنین مجموع افراد آسیب دیده نیز ۹۱ نفر برآورد شده است که با جمع کل ستون مربوط به تعداد افراد آسیب دیده در پایگاه داده به دست آمده است و تعداد افراد فوت شده نیز با استفاده از این روش ۰ نفر برآورد شد. نتایج به دست آمده از این روش با نتایج سازمان مدیریت بحران مقایسه شده و نتایج بسیار مشابه است. چنانکه براساس آمار سازمان مدیریت بحران، تعداد افراد آسیب دیده ۱۱۹ و افراد جان باخته ۱ نفر محاسبه شد. همچنین کانون های خسارت براساس نقشه خسارت به درستی مکان یابی شده است و به صورت نقشه در اختیار ارگان های امداد رسان قرار داده شده تا بتوانند براساس این نقشه اقدام به اولویت بندی کمک رسانی بکنند.

بحث نتایج

استفاده از اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه به منظور ارزیابی لحظه ای خسارت بلایای طبیعی در کنار مدل ها و روش های تخمین خسارت، می تواند در ارزیابی سریع و دقیق خسارت جانی و مالی بسیار مؤثر باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه می تواند ابزار مهمی در مدیریت خطرات محیطی و واکنش سریع مدیریت بحران باشد. با توجه به لحظه ای بودن و سرعت بالا در جمع آوری داده ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه و همچنین مشارکت آزادانه افراد در آن، استفاده از آن در تعیین دقیق و سریع میزان خسارت اهمیت بسیار زیادی دارد، زیرا با دسترسی سریع مدیران به اطلاعات دقیق

با تحلیل جدول ۳ می توان به این نتیجه رسید که با استفاده از روش اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه و به کمک افراد داوطلب می توان زمان برآورد خسارت را به ۱/۶ (۸۳٪) بهبود زمان گزارش خسارت (زمان مورد نیاز تخمین خسارت نسبت به روش های موجود (بازدید میدانی) کاهش داد. همچنین هزینه تخمین خسارت را به ۱/۴ کاهش داد. باید به این نکته نیز توجه داشت که با استفاده از روش اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه در همان روزهای اولیه می توان با استفاده از اطلاعات ارسالی کاربران اقدام به تخمین خسارت کرد، ولی در روش بازدید میدانی معمولاً حداقل ۳ روز پس از حادثه، گروه های تخمین خسارت به منطقه ارسال می شوند و اقدام به جمع آوری اطلاعات می کنند؛ بنابراین استفاده از روش باعث بهبود عملکرد (زمانی) تخمین خسارت در مناطق آسیب دیده می شود.

نتیجه

با جمع آوری سریع و دقیق اطلاعات میزان خسارت به بار آمده از یک فاجعه طبیعی، به راحتی می توان در مواقع بحرانی عملکرد مناسب و دقیقی در برخورد با فجاجع طبیعی و کنترل شرایط بحرانی داشت؛ چراکه اطلاعات اولیه از حجم خسارت به بار آمده و تعداد قربانیان و جان باختگان بسیار حساس و مهم هستند که تمامی فعالیت های آتی نظیر بودجه مورد نیاز برای امداد رسانی، تعداد کارکنان مورد نیاز برای امداد رسانی، نحوه امداد رسانی و اولویت بندی امداد رسانی را تحت الشعاع قرار می دهد. در این تحقیق نیز چنانکه بیان شد، سیستمی مبتنی بر وب برای جمع آوری داوطلبانه اطلاعات خسارت و آنالیز میزان خسارت ناشی از یک فاجعه طبیعی، طراحی و اجرا شده است. نتایج حاصل از اجرای سامانه بسیار مطلوب گزارش شد، چراکه در چهار روز تعداد ۱۳۲ گزارش در سامانه ثبت (۱۰۲ گزارش صحیح) و نقشه های خسارت بر طبق اطلاعات ارسالی ساخته شده و حجم کلی

- Corbane, C., Saito, K., Dell'Oro, L., Bjorgo, E., Gill, S. P. D., Emmanuel Piard, B., ... Eguchi, R. T. (2011). A Comprehensive Analysis of Building Damage in the 12 January 2010 Mw7 Haiti Earthquake Using High-Resolution Satellite and Aerial Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 77(10), 997-1009.
[doi:10.14358/pers.77.10.0997](https://doi.org/10.14358/pers.77.10.0997)
- Deng, Q., Liu, Y., Zhang, H., Deng, X., & Ma, Y. (2016). A new crowdsourcing model to assess disaster using microblog data in typhoon Haiyan. *Natural Hazards*, 84(2), 1241-1256.
[doi:10.1007/s11069-016-2484-9](https://doi.org/10.1007/s11069-016-2484-9)
- Flanagan, A. J., & Metzger, M. J. (2008). The credibility of volunteered geographic information. *GeoJournal*, 72(3-4), 137-148.
[doi:10.1007/s10708-008-9188-y](https://doi.org/10.1007/s10708-008-9188-y)
- Flavio E. A.; Horita, João P. de Albuquerque (2013). An Approach to Support Decision Making in Disaster Management based on Volunteer Geographic Information (VGI) and Spatial Decision Support Systems (SDSS), Proceedings of the 10th International ISCRAM Conference-Baden- Baden, Germany. Available:
<https://www.researchgate.net/publication/236838364>
- Foster, A., & Dunham, I. M. (2015). Volunteered geographic information, urban forests, & environmental justice. *Computers, Environment and Urban Systems*, 53, 65-75.
[doi:10.1016/j.compenvurbsys.2014.08.001](https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.08.001)
- Gamba, P., & Casciati, F. (1998). GIS and image understanding for near-real-time earthquake damage assessment. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 64, 987-994. Available:
<http://worldcat.org/issn/00991112>
- Goodchild, M. F., & Li, L. (2012). Assuring the quality of volunteered geographic information. *Spatial Statistics*, 1, 110-120.
[doi:10.1016/j.spasta.2012.03.002](https://doi.org/10.1016/j.spasta.2012.03.002)
- میزان خسارت، امکان تخمین میزان دقیق بودجه به منظور کمک‌رسانی به آسیب‌دیدگان یا بازسازی مناطق آسیب‌دیده فراهم می‌شود. مروری بر پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از داده‌های داوطلبانه به منظور ارزیابی لحظه‌ای خسارات زمین‌لرزه و کمک به آسیب‌دیدگان، می‌تواند بسیار مهم باشد. نقشه میزان و گستردگی خسارت که به صورت تجمعی و بر پایه نقشه خسارت توسط سامانه طراحی شده حاضر تولید شده است، کارایی و اهمیت سامانه اطلاعات جغرافیایی داوطلبانه را در کمک به مدیریت بحران و تصمیم‌گیری بهینه دوچندان کرده است.

منابع

- Amarnath, M. (2012). Home-Appliance Control using Mobile Cloud Technology in Web.2.0 Platform[. *Procedia Engineering*, 38, 3587-3595.
[doi:10.1016/j.proeng.2012.06.415](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.415)
- Bimonte, S., Boucelma, O., Machabert, O., & Sellami, S. (2014). A new Spatial OLAP approach for the analysis of Volunteered Geographic Information. *Computers, Environment and Urban Systems*, 48, 111-123.
[doi:10.1016/j.compenvurbsys.2014.07.006](https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.07.006)
- Bordogna, G., Carrara, P., Criscuolo, L., Pepe, M., & Rampini, A. (2014). A linguistic decision making approach to assess the quality of volunteer geographic information for citizen science. *Information Sciences*, 258, 312-327.
[doi:10.1016/j.ins.2013.07.013](https://doi.org/10.1016/j.ins.2013.07.013)
- Brovelli, M. A., Minghini, M., & Zamboni, G. (2016). Public participation in GIS via mobile applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 306-315.
[doi:10.1016/j.isprsjprs.2015.04.002](https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.04.002)

- Melani, A., Khare, R. K., Dhakal, R. P., & Mander, J. B (2016). Seismic risk assessment of low rise RC frame structure. *Structures*, 5, 13-22. [doi:10.1016/j.istruc.2015.07.003](https://doi.org/10.1016/j.istruc.2015.07.003)
- Poser, K., Dransch, D (2010): Volunteered geographic information for disaster management with application to rapid flood damage estimation. - *Geomatica*, 64, 1, 89-98. Available: <https://www.researchgate.net/publication/265619198>
- Rajabifard, A., Feeney, M.-E. F., & Williamson, I. P (2002). Future directions for SDI development. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(1), 11-22. [doi:10.1016/s0303-2434\(02\)00002-8](https://doi.org/10.1016/s0303-2434(02)00002-8)
- Scassa, T. (2012). Legal issues with volunteered geographic information. *The Canadian Geographer/Le Géographe Canadien*, 57(1), 1-10. [doi:10.1111/j.1541-0064.2012.00444.x](https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.2012.00444.x)
- Shanley, L., Burns, R., Bastian, Z., & Robson, E. (2013). Tweeting Up a Storm: The Promise and Perils of Crisis Mapping. *SSRN Electronic Journal*. [doi:10.2139/ssrn.2464599](https://doi.org/10.2139/ssrn.2464599)
- Spinsanti, L., & Ostermann, F. (2013). Automated geographic context analysis for volunteered information. *Applied Geography*, 43, 36-44. [doi:10.1016/j.apgeog.2013.05.005](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.05.005)
- Yuan, F., & Liu, R. (2018). Feasibility study of using crowdsourcing to identify critical affected areas for rapid damage assessment: Hurricane Matthew case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 28, 758-767. [doi:10.1016/j.ijdrr.2018.02.003](https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.02.003)
- Goodchild, M.F, (2008). Commentary: whither VGI? *GeoJournal* 72:239-244. [DOI 10.1007/s10708-008-9190-4](https://doi.org/10.1007/s10708-008-9190-4)
- Hand, E. (2010). Citizen science: People power. *Nature*, 466(7307), 685-687. [doi:10.1038/466685a](https://doi.org/10.1038/466685a)
- Haworth, B. (2016). Emergency management perspectives on volunteered geographic information: Opportunities, challenges and change. *Computers, Environment and Urban Systems*, 57, 189-198. [doi:10.1016/j.compenvurbsys.2016.02.009](https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.02.009)
- Huang, Y.-M., Chen, M.-Y., & Mo, S.-S. (2015). How do we inspire people to contact aboriginal culture with Web2.0 technology? *Computers & Education*, 86, 71-83. [doi:10.1016/j.compedu.2015.03.001](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.001)
- Kankanamge, N., Yigitcanlar, T., Goonetilleke, A., & Kamruzzaman, M. (2019). Can volunteer crowdsourcing reduce disaster risk? A systematic review of the literature. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 101097. [doi:10.1016/j.ijdrr.2019.101097](https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101097)
- Kerle, N., Stekelenburg, R., van den Heuvel, F., & Gorte, B. (2005). Near-Real Time Post-Disaster Damage Assessment with Airborne Oblique Video Data. *Geo-Information for Disaster Management*, 337-353. [doi:10.1007/3-540-27468-5_24](https://doi.org/10.1007/3-540-27468-5_24)
- Kryvasheyeu, Y., Chen, H., Obradovich, N., Moro, E., Van Hentenryck, P., Fowler, J., & Cebrian, M. (2016). Rapid assessment of disaster damage using social media activity. *Science Advances*, 2(3), e1500779-e1500779. [doi:10.1126/sciadv.1500779](https://doi.org/10.1126/sciadv.1500779)
- Kunze, C, & Hecht, R. (2015). Semantic enrichment of building data with volunteered geographic information to improve mappings of dwelling units and population. *Computers, Environment and Urban Systems*, 53, 4-18. [doi:10.1016/j.compenvurbsys.2015.04.002](https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.04.002)

