نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹٤

صفحات ۵۰-۳۳

طراحی و اجرای یک سرویس Game GIS برای مدیریت بحران زمین‌لرزه مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ۱۰ تبریز

جواد سدیدی[۱]، استادیار سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور ، دانشگاه خوارزمی

حامد احمدی، کارشناس‌ارشد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، دانشگاه خوارزمی

دریافت مقاله: ۹۴/۰۱/۲۵ پذیرش نهایی: ۹۴/۶/۱۰

چکیده

به‌تازگی، تئوری استفاده از بازی‌های جدی در زمینه‌ی شبیه‌سازی و مدیریت مخاطرات محیطی مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق، از ترکیب بازی‌های ویدئویی و سیستم اطلاعات جغرافیایی یک سرویس **Game GIS** طراحی و اجرا شده است. این سرویس با پشتیبانی از پایگاه داده‌ی مکانی در پی کمک به مدیریت بحران با هدف به حداقل رساندن آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لرزه است. یکی از مهم‌ترین مشخصه‌ها و تفاوت‌های **Game GIS** با سایر بازی‌های موجود به مختصات، ابعاد و خصوصیات واقعی مکانی آن بازمی‌گردد که می‌تواند نقش مهمی را در کنار شیوه‌های سنتی مقابله با بحران و تصمیم‌گیری‌های صحیح در زمان وقوع بحران ایفا کند. در تحقیق حاضر، ابتدا بر اساس مطالعات کتاب‌خانه‌ای معیارهای مؤثر برای آسیب‌پذیری ساختمان در برابر زلزله تعیین شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از طریق برداشت میدانی و بلوک‌های آماری، پایگاه داده مکانی‌ای ایجاد گردید. سپس، میزان اثرگذاری هر کدام از معیارهای مذکور بر اساس ایجاد ماتریس مقایسه‌ی دودویی و پرسش‌گری از افراد متخصص در موضوعِ مطالعه برآورد شد. در نهایت، برای ایجاد ارتباط بین عوامل تأثیرگذار و تخمین میزان آسیب‌پذیری نهایی هر ساختمان، فرمولی ارائه گردید که در آن همه‌ی عوامل مؤثر با تأکید بر سطح اثرگذاری هر کدام دخالت داده شدند. برای طراحی **Game**، پیاده‌سازی داده‌های مؤثر در سیستم و اجرای آن در قالب نرم‌افزار، شش کلاس مختلف با اهداف و عملکردهای متفاوت طراحی گردید. هر کدام از این کلاس‌ها وظیفه‌ی اجرا و کنترل قسمتی از نرم‌افزار و دستورهای طراحی شده در آن را بر عهده دارند. همچنین، نمایش بخش‌های مختلف بازی در قالب شش فرم متفاوت ارائه شد که هر کدام از آن‌ها وظیفه‌ی نمایش دستورها و نماهای گوناگون بازی را بر عهده دارند. سرانجام نرم‌افزار در قالب یک بازی جدی با محوریت مدیریت بحران زمین‌لرزه در چهار مرحله مختلف تهیه شد. بازی در مرحله‌ی اول با زمین‌لرزه‌ی ۵ ریشتری آغاز می‌شود و در مرحله‌ی چهارم با زمین‌لرزه‌ی ۸ ریشتری پایان می‌یابد. در هر مرحله از بازی با توجه به موارد ذکر شده میزان تخریب و مسیریابی انتقال مجروحان و کمک‌رسانی شبیه‌سازی می‌شود و فردی که بازی می‌کند بر اساس موارد گوناگون (سرعت عمل و ...) امتیاز می‌گیرد و در صورتی که امتیاز لازم را کسب کند به مرحله‌ی بعدی که شدت زلزله یک ریشتر بیشتر است صعود می‌کند. نرم‌افزار طراحی شده می‌تواند در شبیه‌سازی زلزله در ریشترهای مختلف برای برنامه‌ریزیِ کاهش تبعات زلزله، واکنش سریع، مانورها و آموزش قبل از وقوع زلزله استفاده شود.

واژگان کلیدی: مدیریت بحران، زمین‌لرزه، **Game GIS**، تبریز.

[۱]- نویسنده مسئول: Email: jsadidi@gmail.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

مقدمه

معضلی که هنگام بروز حوادث و سوانح عموماً خود را نمایان می‌سازد هماهنگ نبودن سازمان‌های مسئول در کنترل بحران‌ها است. چنین معضلی زمانی بغرنج‌تر می‌شود که بدانیم ایران جزو ده کشور اول حادثه‌خیز جهان است. این عدم هماهنگی سبب بروز عوارضی می‌شود که، عمدتاً بیش از خود منشأ خطر، افراد و اموال درگیر در سانحه را با مشکل و خطر اتلاف رو به رو می‌سازد (Johnson, ۲۰۰۶: ۹). بنابراین، جستجوی شیوه‌ای در مدیریت و فرماندهی درباره‌ی رسیدن به هدف هدایت و راهبری مؤثر اهمیت حیاتی دارد. امروزه نسل جدید سیستم‌های کامپیوتری به امکانات پیچیده با قابلیت‌های گوناگون مجهز هستند. این قابلیت‌ها ممکن است در حل برخی مسائل جغرافیایی کاربرد داشته باشند (Longley & etc, ۲۰۱۱: ۱۷-۱۸). برای نمایش اطلاعات مکانی روش‌های متفاوتی را می‌توان استفاده کرد (Forbes, ۲۰۰۶: ۲). کیندلبرگر[۱]، بحث توسعه‌ی سیستم‌های چندرسانه‌ای را درباره‌ی توسعه‌ی سخت‌افزارهای جدید، نرم‌افزار و پیشرفت ارتباطات مطرح کرد. او اظهار کرد که در آینده شرکت‌های صنعتی بازی‌های کامپیوتری[۲]، فضایی را فراهم خواهند کرد که در آن‌ها می‌توان به مدیریت وسیع جهان پرداخت. بر اساس پیش‌بینی او، امروزه کامپیوترهای بازی‌محور[۳]، بسیار قدرتمندتر از نمونه‌های مشابه خود در کامپوترهای صنعتی و اداری هستند (McLuhan, ۱۹۹۴: ۲۰). استراتژی بازی و بازی‌ها می‌توانند ابزارهای نوآورانه برای دسترسی به اطلاعات جغرافیایی ارائه دهند (Cartwright, ۲۰۰۱).

کولدول[٤]، کارشناس دانشکده‌ی معماری و ساختمان دانشگاه دیکین[٥] استرلیا، می‌گوید: «تعامل با کامپیوتر در قالب بازی می‌تواند به توسعه فضای طراحی کمک کند» (Yellard, ۱۹۹۴: ۱۸). جوامع باستانی و بی‌سواد به طور طبیعی از بازی‌ها به صورت مدل‌هایی از زندگی دراماتیک از جهان واقعی یا مدلی از یک مدینه‌ی فاضله استفاده می‌کردند. مک لوهان[٦] در سال ۱۹۹۴یک فصل از کتاب[۷] خود را به بحث در ارتباط با بازی اختصاص داد. در برخی از بازی‌ها، خود محیط بازی به عنوان بخشی از بازی طراحی می‌شود. بازیکنان یک فضای فیزیکی را با بالا و پایین بردن زمین، تشکیل مناطق پر آب و ایجاد زمین‌لرزه، آتشفشان و مرداب در زمین حریف ایجاد می‌کنند (Cartwright, ۲۰۰۱).

اولین‌بار بازی‌های کامپیوتری در اوایل سال ۱۹۶۰ به وجود آمدند. از آن پس صنعت بازی‌های کامپیوتری به ابزار بزرگی تبدیل شد که امروزه جایگاه مهمی در زمینه‌های گوناگون علوم کامپیوتری از جمله رابط انسان و کامپیوتر، گرافیک کامپیوتری، هوش مصنوعی و اخیراً شبکه‌های کامپیوتری بازی می‌کند (Kindleberger, ۱۹۹۳). واژه‌ی بازی‌های جدی برای مقاصد غیر سرگرمی استفاده می‌شود که یک نوع شبیه‌ساز از دنیای واقعی هستند. شبیه‌ساز در عرصه‌ی مسائل جغرافیایی به مجموعه‌ای از عناصر و اتفاقات در حال تحول در قالب زمانی ـ مکانی به نمایندگی از جهان واقعی اشاره دارد که بخشی از جهان را با داده‌های جغرافیایی و غیرجغرافیایی در قالب زمان نشان می‌دهد. تغییرات در بخش خاصی از جهان با داده‌های ورودیِ بازیکنان اتفاق می‌افتد (Cartwright, ۲۰۰۱). از ترکیب بازی‌های ویدئویی و سیستم اطلاعات جغرافیایی مدلی با نام Game GIS با هدف ایجاد دنیای واقعی در قالب فضای مجازی مطرح شده است که در پی طراحی شبیه‌ساز زمین‌لرزه، مدیریت بحران، برآوردی دقیق از تبعات بحران، برآورد امکانات

۱.Kindleberger
۲.Videogames
۳.Gaming computers
٤.Coldwell
٥.Deakin University
٦.McLuhan
۷.Understanding Media: The Extensions of Man, Cambridge, Mass

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

و تجهیزات مورد نیاز و... است تا بتواند بیشترین نزدیکی را به خصوصیات و ویژگی‌های زلزله در دنیای واقعی داشته باشد (Kuhn, ۱۹۹۲).

تئوری Game GIS بحثی را با عنوان بازی‌های جدی مطرح می‌کند. بازی‌های جدی بازی‌هایی با اهداف غیر از سرگرمی هستند. از آن جایی که تصمیم‌گیری در مواقع بحران اهمیت زیادی دارد، نیاز به استفاده از مدل‌هایی که بتوانند هرچه بیشتر به واقعیت نزدیک‌تر باشند بیش از پیش احساس می‌شود. بدین منظور، از دنیای مجازی می‌توان به عنوان محیط تست و نمونه‌ی اولیه برای بهبود شرایط دنیای واقعی استفاده کرد (Sheng Lee: ۲۰۱۲). همچنین Game GIS می‌تواند اهرمی برای ترویج اشتراک‌گذاری داده‌ها و GIS آنلاین باشد. از تکنولوژی GIS ایجاد شده در Game می‌توان برای ایجاد، تجسم کردن و مدیریت وسیع جهان (جهان، چارچوب، ویژگی‌ها، آمار و شخصیت‌ها) استفاده کرد (Kevin Blochel & etc, ۲۰۱۳).

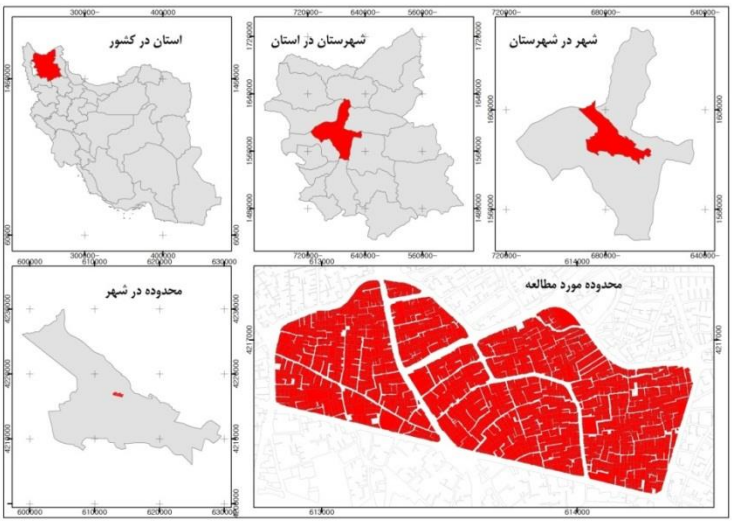
هدف از تحقیق حاضر ارائه‌ی یک مدل شبیه‌سازی مکانی در دنیای واقعی است. این مدل در قالب جذاب بازی کردن در یک سناریوی زمین‌لرزه با شدت‌های مختلف است که با برنامه نویسی نرم‌افزار Game GIS انجام شده است. در حقیقت، هدف از ارائه بازی محاسبه و مدل‌سازی شدت زلزله در مناطق گوناگون شهر است. چنین بازی‌ای به مدیران شهری این امکان را می‌دهد که قبل از رویداد زلزله از نقشه‌ی شدت خسارت و راه‌های ارتباطی به جا مانده و هزینه‌ی امدادرسانی برای مدیریت یکپارچه و هماهنگ زلزله آگاه شوند و برنامه‌ریزی مناسب را برای هر ریشتر زلزله انجام دهند و از قبل امکانات لازم را فراهم کنند تا خسارات جانی و مالی به حداقل برسد.

داده‌ها و روش کار

شهر تبریز به دلیل وجود گسلی بزرگ و فعال در شمال این شهر در شرایطی بحرانی قرار دارد. موانع طبیعی گسترش افقی شهر را عملاً ناممکن ساخته است. از طرف دیگر وجود بافت متراکم شهری، بافت‌های تاریخی، اسکان غیر رسمی و ازدحام بیش از حد جمعیت و توزیع فضایی نامناسب آن به همراه تراکم ساختمانی بالا این شهر را در برابر فاجعه‌ی زلزله آسیب‌پذیر ساخته است (طرح ریزپهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه‌ی تبریز، ۱۳۸۷، جلد ۲: ۴۴). محدوده‌ی مطالعه در منطقه‌ی ۱۰ شهرداری تبریز واقع شده است که در حریم گسل تبریز قرار دارد. بخش وسیعی از بافت فرسوده‌ی شهر تبریز به همراه اسکان غیر رسمی در قالب پلاک‌های ریزدانه و تو در تو در معابر با نفوذپذیری بسیار پایین قرار دارند. بر اساس عوامل مذکور، به جرئت می‌توان گفت که این منطقه جزو آسیب‌پذیرترین مناطق کشور در برابر زمین‌لرزه است. علت انتخاب محله شتربان از منطقه‌ی ۱۰ شهرداری تبریز اولاً به قرارگیری این محله در محدوده‌ی بافت فرسوده تبریز و ثانیاً فاصله‌ی بسیار کم آن با گسل تبریز باز می‌گردد. گسل تبریز از شمال منطقه‌ی ۱۰ شهرداری تبریز عبور می‌کند و در فاصله‌ی ۲/۵ کیلومتری محله‌ی شتربان قرار دارد. طبق داده‌های مرکز آمار ایران، جمعیت این محله در سال ۱۳۹۳ برابر با ۱۳۸۹۹ نفر است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰). بر اساس مطالعات انجام شده در قالب برداشت میدانی، کیفیت ۴۸/۸۸ درصد از ابنیه‌ی موجود در محدوده‌ی فرسوده است و ۳۳/۲۲ درصد دیگر نیز دارای کیفیت قابل‌نگهداری هستند. بنابراین، در مجموع ۸۲/۱ درصد از بناهای محدوده از نظر کیفیت بنا در برابر زمین‌لرزه بسیار آسیب‌پذیری‌اند. به علاوه، در ساخت ۸۳/۷ درصد از بناهای موجودِ محدوده، از مصالح اسکلت بتنی و اسکلت فلزی استفاده نشده است که این امر آسیب‌پذیری آن‌ها را در برابر زمین‌لرزه افزایش می‌دهد. همچنین، ۲۴/۵۵ درصد از بناها

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

دارای قدمت بین ۱۰ تا ۳۰ سال و ۵۷/۴۱ درصد دارای قدمت بالای ۳۰ سال هستند. در مجموع، ۸۱/۹۶ درصد از بناها دارای قدمت بالای ۱۰ سال هستند که این عامل نیز سبب افزایش آسیب‌پذیری در برابر زلزله است.



شکل ۱: موقعیت محدوده‌ی مطالعه (منطقه‌ی ۱۰ شهرداری تبریز).

تحقیق حاضر از نوع تحقیقات پژوهشی ـ آزمایشگاهی است. با توجه به اهداف این پژوهش و نتایج مورد انتظار، انجام بررسی‌های دقیق و دستیابی به نتایج مطلوب ضروری است. بنابراین، در اختیار داشتن داده‌های دقیق، کافی و مورد اعتماد اولین شرط حصول نتایج علمی و درخور است. روش‌کار مورد استفاده شامل سه مرحله اصلی است: ۱- جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات ۲- ایجاد پایگاه داده‌ی مکان‌دار ۳- تهیه‌ی نرم‌افزار (Game).

۱- جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات: داده‌های جمع‌آوری‌شده برای انجام پژوهش حاضر عبارت‌اند از: نقشه‌ی پایه‌ی محدوده‌ی مطالعه (طرح تفصیلی منطقه‌ی ۱۰ شهرداری تبریز)، کیفیت بنا، تعداد طبقات، مصالح نما (برداشت میدانی)، عمر بنا، مساحت پلاک‌ها، شبکه‌ی معابر (طرح تفصیلی منطقه‌ی ۱۰ شهرداری تبریز) و جمعیت هر پارسل (بلوک‌های آماری). همچنین مناطقی نیز به شکل فرضی به عنوان بیمارستان، مراکز امداد و نجات و خزانه پول در نظر گرفته شده است.

۲- ایجاد پایگاه داده‌ی مکان‌دار: در این مدل یک پایگاه داده‌ی مکانی از GIS ایجاد می‌شود که منجر به تشکیل یک دنیای واقعی در فضای مجازی خواهد شد. اشیا و عوارض موجود در دنیای مجازی از نظر خصوصیات هندسی، توصیفی و فیزیکی بیشترین شباهت را به واقعیت خواهند داشت که بتوان نتیجه‌گیری‌های دقیقی از دنیای واقعی به دست آورد.

اساس این پایگاه داده از یک لایه وکتور که شامل همه‌ی پارسل‌های موجود در محدوده‌ی مطالعه است تشکیل شده است. دیتابیس این لایه را ۶ فیلد تشکیل می‌دهد که عبارت‌اند از : ۱- مساحت پارسل‌های موجود برای بررسی تأثیر حجم هر پلاک در میزان تخریب، ۲- کیفیت بنای هر پارسل که شامل پلاک‌های نوساز، قابل نگهداری و فرسوده است و مقاومت سازه را در برابر تخریب ارزیابی می‌کند، ۳- تعداد طبقات هر پارسل که تأثیر وزن هر پلاک را ارزیابی می‌کند، ۴- مصالح بنا برای ارزیابی میزان مقاوت بنا، ۵- عمر بنا برای برآورد میزان مقاومت و ۶- تعداد جمعیت موجود در هر پارسل.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

علاوه بر لایه‌ی اصلی، لایه‌ی مراکز امداد و نجات، لایه‌ی بیمارستان‌ها، لایه‌ی شبکه‌ی معابر و لایه‌ی تحلیل شبکه ایجاد گردید که به منظور انجام تحلیل‌های دقیق درباره‌ی زمان مورد نیاز برای مدیریت بحران در داخل معابر تشکیل شده است. به منظور ارتباط دادن این معیارها به هم برای تخمین میزان خسارت هر پارسل، معادله‌ی شماره‌ی ۱ حاصل گردید:

$$V = [(Q\times q)+(O\times o)+(M\times m)+(F\times f)] \times N \times P \times [\ 5\times10^{n-5}] \times S$$ معادله‌ی شماره‌ی ۱:

در این‌جا، v میزان آسیب‌پذیری نهایی هر ساختمان است. Q وزن مربوط به کیفیت بنا و q به وزن بناهای نوساز، قابل نگهداری و فرسود ارتباط دارد. O وزن مربوط به عمر بنا و o وزن مربوط به بناهای با قدمت زیر ۱۰ سال، ۱۰ الی ۲۰ سال و بالای ۲۰ سال است. M وزن مربوط به مصالح بنا و m وزن مربوط به بناهای با مصالح اسکلت بتنی، اسکلت فلزی، آجر و آهن، آجر و چوب و خشت و چوب است. F وزن مربوط به تعداد طبقات و f وزن مربوط به بناهای ۱ و ۲ طبقه، ۳ و ۴ طبقه، ۵ و ۶ طبقه و ۷ و ۸ طبقه است. نحوه‌ی محاسبه‌ی وزن هر کدام از شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها در بخش پردازش داده‌ها توضیح داده شده است. همچنین، در این فرمول N همان عدد نرمال‌سازی شده‌ی مربوط به مساحت هر پارسل بوده که از تقسیم مساحت هر ملک بر بیشترین مساحت موجود به دست آمده است. P تعداد افراد موجود در هر ساختمان است. بخش آخر فرمول نیز مربوط به افزودن تأثیر حاصل از افزایش بزرگای زلزله است؛ به طوری که در معادله n متغیر مربوط به بزرگای زلزله است. در نهایت، شاخص S قرار دارد که مربوط به تأثیر زمان زلزله در میزان آسیب‌پذیری و تلفات احتمالی است. در صورتی که زمین‌لرزه در صبح اتفاق افتاده باشد، آسیب به ساختمان‌ها و تلفات جانی کمتر بوده و اگر در شب اتفاق افتاده باشد، قضیه برعکس است. برای تأثیر شاخص زمان در معادله، این بخش از فرمول به ساعت سیستم کامپیوتر لینک داده شده است.

با جایگذاری مشخصات مربوط به هر پارسل و بزرگای زلزله در فرمول فوق میزان آسیب‌پذیری و تلفات احتمالی آن برآورد شده است.

۳- تهیه‌ی نرم‌افزار: برای تولید نرم‌افزار از محیط دو بعدی MapControl استفاده شد. برای اجرای بازی در این محیط دو بعدی از ArcEngineArcGIS بهره گرفته شد. این موتور به ما امکان استفاده از تحلیل‌ها و مدل‌سازی‌های هر چه نزدیک‌تر به واقعیت‌های زمینی و تطابق با هندسه موجود در روی زمین را (در حالت دو بعدی) فراهم می‌کند (Amirian, ۲۰۱۳: ۱۹-۱۷). توابع و جزئیات طراحی بازی در جداول شماره‌ی ۵ و ۶ ارائه شده است.

شرح و تفسیر نتایج

- **تعیین شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر در افزایش آسیب‌پذیری بنا**

برای تهیه‌ی پایگاه داده مکانی در محیط نرم‌افزار، ابتدا ۴ شاخص مؤثر در آسیب‌پذیری قطعات در برابر زلزله صرفاً درباره‌ی بنای هر پارسل مشخص گردید (کرمی، ۱۳۹۱: ۲۱۲-۲۲۷)؛ این شاخص‌ها عبارت‌اند از: عمر بنا، کیفیت بنا، تعداد طبقات، مصالح بنا. زیرشاخص‌های هر کدام از این شاخص‌ها به ترتیب زیر هستند:

- عمر بنا: زیر ۱۰ سال، ۱۰ الی ۲۰ سال و بالای ۲۰ سال؛
- کیفیت بنا: نوساز، قابل نگهداری و فرسوده؛
- تعداد طبقات: ۱ و ۲ طبقه، ۳ و ۴ طبقه، ۵ و ۶ طبقه و ۷ و ۸ طبقه؛
- مطالح بنا: اسکلت بتنی، اسکلت فلزی، آجر و آهن، آجر و چوب، خشت و چوب.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

جدول شماره‌ی ۱ شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری بناهای مسکونی را نشان می‌دهد.

- **وزن‌دهی به هر کدام از شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها**

پس از تعیین شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر، در گام بعدی با استفاده از ماتریس دودویی ارزش و اهمیت هر کدام از آن‌ها در ارتباط با میزان تأثیر در آسیب‌پذیری بناها برآورد شده است. بدین منظور برای برآورد ارزش هر زیرشاخص، ماتریس مخصوص آن شاخص تهیه گردید (Malczewski, ۱۹۹۹: ۳۰۶). بنابراین، ۴ ماتریس زیرشاخص‌های عمر بنا، زیرشاخص‌های کیفیت بنا، زیرشاخص‌های تعداد طبقات و زیرشاخص‌های مصالح بنا و یک ماتریس برای برآورد ارزش هر شاخص تهیه شد. این ماتریس‌ها را ۲۰ نفر از متخصصین امر پر کردند. میانگین حسابی هر سلول ماتریس نیز محاسبه گردید. در نهایت، با استفاده از نرم‌افزار ExpertChoice، وزن و ارزش هر کدام از شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها برآورد گردید. جدول شماره‌ی ۱ شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر به همراه وزن هر کدام را نشان می‌دهد. با دقت در این جدول مشخص می‌شود که شاخص‌های کیفیت بنا، عمر بنا، مصالح بنا و تعداد طبقات، به ترتیب با وزن ۰/۵۴۱، ۰/۳۰۷، ۰/۱۱۲ و ۰/۰۴ دارای بیشترین تأثیر در افزایش آسیب‌پذیری بنا در برابر زلزله هستند.

جدول ۱: شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری بناهای مسکونی به همراه وزن هر کدام از آن‌ها

شاخص	عمربنا (۰/۳۰۷)			کیفیت بنا (۰/۵۴۱)			تعداد طبقات (۰/۰۴)				مصالح بنا (۰/۱۱۲)				
زیرشاخص	زیر ۱۰ سال (۰/۰۶۴)	۱۰ الی ۲۰ سال (۰/۲۳۷)	بالای ۲۰ سال (۰/۶۹۹)	نوساز (۰/۰۶۳)	قابل نگهداری (۰/۱۹۴)	فرسوده (۰/۷۴۳)	۱ و ۲ طبقه (۰/۰۴۷)	۳ و ۴ طبقه (۰/۱۰۵)	۵ و ۶ طبقه (۰/۲۵۷)	۷ و ۸ طبقه (۰/۵۹۱)	اسکلت بتنی (۰/۰۲۶)	اسکلت فلزی (۰/۰۵)	آجر و آهن (۰/۱۲۳)	آجر و چوب (۰/۲۵۹)	خشت و چوب (۰/۵۴۳)

- **تعیین آسیب‌پذیری و میزان تلفات احتمالی هر بنا در برابر زمین‌لرزه**

بر اساس مطالب فوق، به منظور تعیین وزن و آسیب‌پذیری نهایی هر پارسل در برابر زمین‌لرزه، بایستی وزن زیرشاخص در وزن شاخص مربوطه ضرب شده و با بقیه جمع شود (پورکریم، ۱۳۹۱: ۹۲)؛ مثلاً، اگریک پارسل با کیفیت فرسوده، عمر ۱۰ الی ۲۰ سال، مصالح آجر و آهن و دارای ۵ طبقه باشد، وزن نهایی آن بدین ترتیب است:

((۰/۵۴۱×۰/۷۴۳)+(۰/۳۰۷×۰/۲۳۷)+(۰/۱۱۲×۰/۱۲۳)+(۰/۰۴×۰/۲۵۷)) = ۰/۴۹۸

بر این اساس، اگر در قالب کمی بخواهیم میزان آسیب‌پذیری بنای فوق را بیان کنیم، می‌گوییم میزان آسیب‌پذری آن برابر ۰/۴۹۸ است. هر چقدر میزان این عدد زیاد باشد، میزان آسیب‌پذیری نیز بیشتر است.

بعد از برآورد میزان آسیب‌پذیری هر پارسل، به منظور تخمین میزان تلفات احتمالی هر ساختمان، دو شاخص دیگر نیز به محاسبات اضافه گردید. این دو شاخص عبارت‌اند از مساحت ملک و تعداد نفرهای موجود در هر ساختمان. بر این اساس با افزایش میزان مساحت هر پارسل، بر میزان تلفات آن افزوده می‌شود. برای کمی کردن این شاخص و اضافه کردن آن به فرمول فوق، مساحت تمامی پارسل‌های موجود در محدوده بر بیشترین مساحت موجود تقسیم شد تا اعداد مربوط به مساحت نرمال‌سازی شوند. در این حالت عدد مربوط به شاخص مساحت در هر پارسل، بین ۰ تا ۱ است. در این حالت، هر چه این عدد به یک نزدیک‌تر باشد، احتمال افزایش تلفات و هرچه به ۰ نزدیک باشد، احتمال کاهش تلفات وجود دارد. برای تأثیر دادن شاخص مساحت در فرمول بالا، عدد نهایی حاصل‌شده در عدد حاصل از

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

نرمال‌سازی مساحت ضرب شد. برای نرمال‌سازی کردن عدد مذکور، میزان مساحت هر کدام از پارسل‌ها بر میزان مساحت بزرگ‌ترین پارسل موجود تقسیم شده است.

۰/۴۹۸ × ۰/۶۸ = ۰/۳۳۸۶۴

در شاخص تعداد نفراهای موجود، بر اساس آمار حاصل از بلوک‌های آماری، تعداد افراد ساکن در هر ساختمان برآورد شد و با ضرب آن در عدد نهایی حاصل از تأثیر شاخص مساحت وزن نهایی درباره‌ی میزان تلفات به دست آمد.

۰/۳۳۸۶۴ × ۵ = ۱/۶۹۳۲

گفتنی است که پژوهش حاضر از جنبه‌ی برآورد دقیق میزان آسیب‌پذیری و تلفات احتمالی به تفکیک هر ساختمان، دارای شرایط منحصر به فردی است. زیرا تاکنون در همه‌ی پژوهش‌های به عمل آمده درباره‌ی میزان آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه این کار در سطح منطقه‌ای انجام شده و نتایج حاصل از آن در قالب پهنه‌بندی اراضی ارائه شده است.

- **تأثیر بزرگای زلزله در افزایش میزان تخریب و تلفات احتمالی به تفکیک هر ساختمان**

تاکنون در بخش‌های فوق به برآورد میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های موجود در محدوده‌ی مطالعه با تأکید بر خصوصیات فیزیکی آن‌ها پرداخته شد. اما مهم‌ترین شاخص مؤثر در میزان خسارات و تلفات ناشی از زمین‌لرزه بزرگای زلزله است. بزرگای زلزله در ارتباط مستقیم با میزان انرژی آزاد شده است. بزرگی زلزله را می‌توان با در نظر گرفتن دامنه‌ی نوسانات روی نگاشت محاسبه کرد. هر زلزله یک بزرگی دارد که با فاصله از محل کانون زلزله تغییر نمی‌کند (کرمی، ۱۳۹۱: ۱۸۲). مقیاس‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری بزرگی زلزله وجود دارد. در سال ۱۹۳۵، چارلز ریشتر اولین مقیاس بزرگی را برای زلزله‌های جنوب کالیفرنیا تعریف کرد (Zannos, ۲۰۰۳: ۱٤).

با افزایش بزرگای زلزله قدرت آن به صورت لگاریتمی افزایش می‌یابد. بر این اساس به منظور تأثیر دادن بزرگای زلزله در میزان خسارات و تلفات احتمالی وارد شده عدد نهایی به دست آمده در بخش‌های فوق در فرمول زیر ضرب شد:

معادله‌ی شماره‌ی ۳: $(۵ \times ۱۰^{n-۵})$

$۱/۶۹۳۲ \times (۵ \times ۱۰^{۶-۵}) = ۸۴/۶۶$

$۱/۶۹۳۲ \times (۵ \times ۱۰^{۷-۵}) = ۸۴۶/۶$

در این فرمول، ۵ ریشتر برای پایه‌ی بزرگای زلزله قرار داده شده است و n متغیر بزرگای زلزله است. در این حالت، با افزایش بزرگای زلزله از ۵ ریشتر به ۶ ریشتر، عدد ۶ در جای متغیر n قرار می‌گیرد. بدین ترتیب، قدرت زلزله با بزرگای ۶ ریشتر نسبت به زلزله با بزرگای ۵ ریشتر ۵۰ برابر افزایش یافته و قدرت زلزله به بزرگای ۷ ریشتر نسبت به زلزله با بزرگای ۵ ریشتر ۵۰۰ برابر افزایش می‌یابد.

- **برآورد میزان آسیب‌پذیری هر ساختمان با لحاظ کردن تمامی شاخص‌های مؤثر**

بر اساس مطالب فوق، به منظور تأثیر دادن همه‌ی شاخص‌های مؤثر در میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌ها (کیفیت بنا، عمر بنا، مصالح بنا، تعداد طبقات، مساحت بنا، تعداد افراد موجود در هر ساختمان و در نهایت بزرگای زلزله) عدد نهایی حاصل از معادله‌های ۴ و ۵ و با تغییر بزرگای زلزله تأثیر داده می‌شود. با جایگذاری مشخصات مربوط به هر پارسل و بزرگای زلزله در این معادلات، میزان آسیب‌پذیری و تلفات احتمالی آن برآورد شده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

گفتنی است که بسیاری از شاخص‌های دیگر از جمله نسبت سنی و جنسی هر پارسل، مصالح نما، کاربری اراضی، جنس خاک، جنس سنگ بستر، وجود آب‌های زیرزمینی، وضعیت توپوگرافی، عمق زمین‌لرزه و موج زمین‌لرزه می‌توانند به تجزیه و تحلیل‌های مربوط به برآورد میزان آسیب‌پذیری و تلفات احتمالی ساختمان‌ها افزوده شوند.

- **تهیه‌ی نرم‌افزار**

بعد از پردازش داده‌ها و ایجاد پایگاه داده‌ی مکان‌دار، نوبت به تهیه‌ی Game می‌رسد. در این بخش انواع فرم‌های و کلاس‌های مختلفی شرح داده شده است که در بازی اعمال شده‌اند. همچنین، توضیح انواع عوامل مؤثر در بازی از جمله صدا، تأثیر زمان، رابط کاربر و اهداف بازی رفته است. در نهایت، سناریویی که بازی بر اساس آن آماده شده به همراه مراحل و جزئیات مختلف از نحوه‌ی انجام بازی در قالب اشکال گوناگون ارائه می‌گردد.

از محیط دو بعدی MapControl به عنوان محیط بازی استفاده شود. MapControl کنترلی است که جزو مجموعه کنترل‌های ArcGIS است. در واقع، چارچوبی است که نقشه و محیط بازی با استفاده از آن نمایش داده می‌شود.

برای اجرای بازی در این محیط دو بعدی از ArcEngineArcGis استفاده می‌شود. این موتور به ما امکان استفاده از تحلیل‌ها و مدل‌سازی‌های هر چه نزدیک‌تر به واقعیت‌های زمینی و تطابق با هندسه موجود در روی زمین را (در حالت دو بعدی) فراهم می‌کند. در این بازی برای بیان مفاهیم و نشان دادن تجهیزات و شخصیت‌ها از symbology استفاده می‌شود.

در این برنامه مطابق جدول شماره‌ی ۲ از ۶ فرم استفاده شده است:

جدول ۲: فرم‌های مورد استفاده در نرم‌افزار به همراه کاربرد آن‌ها

نام فرم	هدف از طراحی	مرحله‌ی نمایش	دربرگیرنده
SplashScreen.vb	نمایش شروع برنامه	بلافاصله پس از شروع برنامه	اطلاعات ورژن و لوگو
frmmain_menu.vb	ارائه‌ی گزینه‌های شروع و تنظیمات	بعد از splashscreen	دکمه‌های: شروع، بازی جدید، ادامه‌ی بازی، تنظیمات، خروج
frm_options.vb	انجام تنظیم‌ها و نمایش پیش فرض‌ها	در صورت فشردن دکمه تنظیمات در فرم frmmain_menu	متغیرهای تعریف شده در application.setting و دکمه‌های مربوطه
frm_start_inform.vb	نمایش پنجره شروع بازی و راهنمایی در مورد کسب امتیاز	بعد از فشردن دکمه شروع و کامل شدن بارگذاری بازی	اطلاعات آماری از وضعیت مرحله و تعداد خسارت‌های زلزله و نحوه‌ی کسب امتیاز
frm_main.vb	نمایش دو بعدی نقشه و تبادل ورودی و خروجی با کاربر	پس از فشردن کلید بازی از فرم frm_start_inform و یا کلید ادامه‌ی بازی در فرم frmmain_menu	toolbarcontrol ،Mapcontrol و کنترل‌های ارائه‌ی آمار بازی
frm_gift.vb	نمایش آمار نهایی بازی، شماره مرحله و امتیاز نهایی	پس از صعود به مرحله‌ی بعد	برچسب‌های ارائه‌ی آمار نهایی و دکمه‌ی بازگشت به منوی اصلی

به علاوه در این برنامه مطابق جدول شماره‌ی ۳ از ۶ کلاس گوناگون استفاده شده است که کاربرد آن‌ها به شرح زیر است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

جدول ۳: کلاس‌های استفاده‌شده در نرم‌افزار به همراه کاربرد آن‌ها

نام کلاس	کاربرد
MyApplication	نقطه‌ی شروع برنامه و چک مجوز (license binding)
CommonFunctions	در بر گیرنده متغیرها با میدان دید عمومی به طوری که بدون نیاز به ساخت نمونه‌ی اولیه (new instatnce) اعضای آن برای همه‌ی کلاس‌ها قابل دسترس باشد (single tone class).
open_solve_Tool	ارائه‌ی ابزاری که به نوار ابزار اضافه می‌شود و متناسب با محل کلیک اموری همچون تحلیل شبکه، رفع موانع را انجام می‌دهد.
time_consumer	ارائه‌ی اشیایی همچون آمبولانس، امدادگر، کارگر و سگ
temporal_work	بازگشایی مانع معرفی‌شده بر اساس مدت زمان تعیین‌شده
temporal_message	نمایش پیام موقت و پاک کردن پیام

a. صدا

صدا و گرافیک از جمله مهم‌ترین و تأثیرگذارترین عوامل در برقراری ارتباط با کاربر و انتقال مفاهم به اوست. همچنین، صدا به دلیل ایجاد جذابیت سبب می‌شود که کاربر در ادامه‌ی بازی دیرتر خسته شود و بازی را تا رسیدن به هدف ادامه دهد. در این بازی از صداهایی به عنوان آهنگ پس زمینه استفاده شده است (Navratil, ۲۰۰۹: ۱۹۹). همچنین وقوع برخی رخدادها با ایجاد صدای به خصوص به کاربر اطلاع داده می‌شود.

b. گذر زمان عاملی علیه امدادگران و مصدومان

با توجه به این‌که گذر زمان سبب وخیم‌تر شدن اوضاع مصدومان و تمام شدن ذخیره‌ی غذایی و امکانات می‌شود، می‌تواند عاملی مهم برای وادار کردن بازیگر به اجرای عملیات سریع‌تر و دقیق‌تر شود. اگرچه با توجه به فرصت کم امکان اجرای این عامل در بازی فراهم نشد، می‌توان در بازنگری‌های بعدی در اجرای آن اقدام کرد. بدین ترتیب که هرچقدر زمان می‌گذرد با توجه به مدت زمان سپری شده معادل با واقعیت (معادل ۱=gamespeed factor) و احتمالات متناسب موجود در دنیای واقعی وضعیت مصدومان را وخیم‌تر کرد و از طرفی محاسبه‌ی امتیازها را با توجه به زمان نجات و یا درمان هر مصدوم لحاظ کرد.

c. رابط کاربری

کاربر ایفاکننده‌ی نقش اصلی در بازی است. کاربر در این بازی می‌تواند با استفاده از ابزار موجود همچون zoom و pan مقیاس نمایش محیط را تغییر داده و پس از روئیت و تشخیص با استفاده از موس و صفحه‌کلید تصمیمات خود را اعمال کند (Álvaro Rocha, ۲۰۱۳: ۱۰۶۳).

d. هدف بازی

هدف ما از طراحی این بازی اعمال داده‌های GIS در برآورد میزان خسارت واردشده به صورت واقعی و از طرفی استفاده از تجزیه و تحلیل‌های GIS در مدیریت پس از وقوع زلزله است. بنابراین، محدوده‌هایی از شهر که به نظر متخصصان با خطر آسیب‌پذیری بیشتری مواجه است مد نظر قرار داده و اطلاعات واقعی با بررسی‌های میدانی و حضور در محل و آمارگیری دقیق تهیه شده است. حال ما با طراحی بازی‌ای نشان دادیم که GIS چقدر در پیش‌بینی خطر وقوع و از همه مهم‌تر در مدیریت حین و پس از بحران می‌تواند مؤثر واقع شود.

پس مراحلی که باید انجام شود به شرح زیر است:

۱- تهیه‌ی اطلاعات از واقعیت‌های موجود با بررسی‌های میدانی دقیق؛

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

۲- انجام پردازش‌ها و ایجاد پایگاه داده‌ای از معابر، ساختمان‌ها و بناها از جمله طول عمرساختمان، جنس ساختمان، تعداد طبقات و...

۳- محاسبه‌ی میزان آسیب‌پذیری هر ساختمان به طور جداگانه و تخمین میزان تخریب به ازای هر شدتی از زلزله. گفتنی است که انجام چنین کاری نیز ــ از این جهت که آسب‌پذیری را به ازای هرساختمان مشخص می‌کند ــ منحصر به فرد است، زیرا در بیشتر مطالعات تخمین‌ها برای منطقه و محدوده صورت گرفته و با چنین دقتی خطرپذیری هر واحد برآورد نشده است.

ترسیم شبکه‌ی حمل‌ونقل شهری و درون کوچه‌ای برای تهیه‌ی Dataset تحلیل شبکه.

۴- ایجاد پایگاه داده‌ی مخصوص تحلیل شبکه و امتحان آن در حالات گوناگون ولی به صورت دستی و آزمایشی؛

۵- استفاده از لایه‌های موجود و اجرای بازی بر مبنای سناریو.



شکل ۲: مراحل تهیه‌ی نرم‌افزار.

- **سناریو**

سناریو یا بازی‌نامه از جمله مهم‌ترین بخش و مغز متفکر طراحی یک بازی و یا شبیه‌ساز محسوب می‌شود که باید در اولین گام طراحی بازی نوشته شود (Wenjiang Du, ۲۰۱۳: ۷٤۱). کلیتی از سناریوی مد نظر برای اجرا در این بازی به شرح زیر است:

زلزله شهر را به لرزه درآورده است، با توجه به مواردی همچون قدرت زلزله، فرسودگی و کهنه بودن بناها و دیگر مواردی که در جدول اطلاعات پایه وجود دارد مقدار تخریب ساختمان‌ها و ریزش مصالح در معابر و خیابان‌ها محاسبه می‌شود.

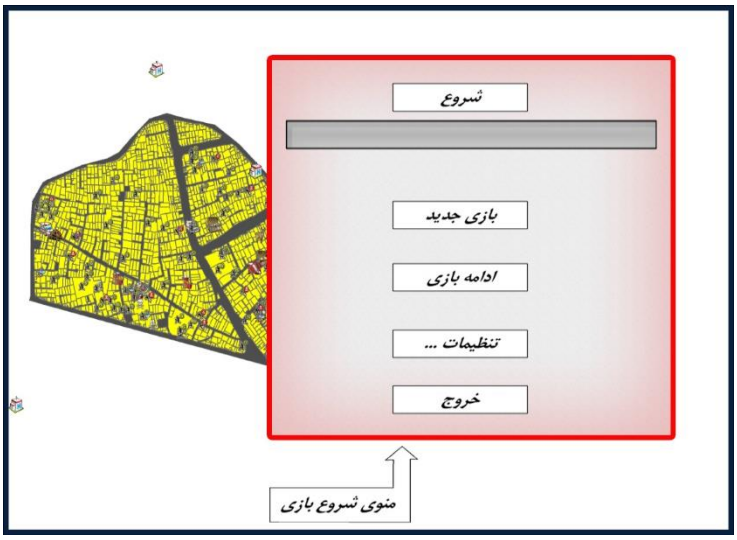
همچنین، بر اساس این‌که تخریب ساختمان تا چه اندازه بوده و ساعت وقوع زلزله در چه موقع از شبانه‌روز اتفاق افتاده است و بر مبنای احتمال و تصادف تعداد مصدوم سرپایی، مصدوم بد حال، گرفتار زیر آوار و کشته‌های هر ساختمان محاسبه می‌شود. گفتنی است که شاخص زمان وقوع زلزله، با تعریف یک تابع و لینک دادن آن به ساعت سیستم کامپیوتری مورد استفاده اعمال می‌شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

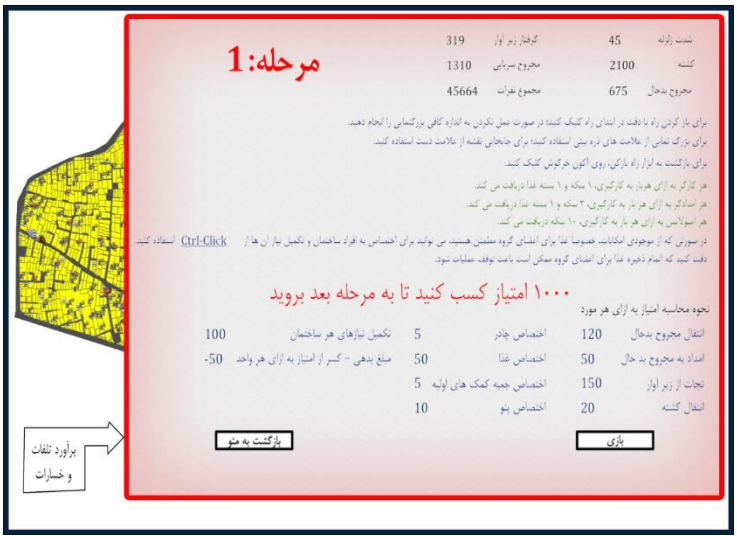
- **مراحل انجام بازی**

در منوی آغازین بازی، با کلیک بر روی دکمه شروع، نرم‌افزار بر حسب شاخص‌های تعریف شده شروع به محاسبه‌ی میزان خسارات و تلفات و موانع در معابر می‌کند (شکل ۳).



شکل ۳: منوی آغازین بازی.

گفتنی است که ساعت وقوع زلزله در ایجاد تلفات بسیار اهمیت دارد. زیرا اگر زلزله در ساعات شب اتفاق بیافتد به احتمال زیاد حداکثر نزدیک به همه افراد در ساختمان حضور دارند و هوشیاری ندارند. چنانچه ساعت وقوع روز باشد، احتمال تلفات کمتر خواهد بود. شب یا روز بودن وقوع زلزله به زمان بازی فرد و ساعت کامپیوتر بستگی دارد، زیرا ساعت زلزله به ساعت کامپیوتر لینک داده شده است. سپس اطلاعاتی در مورد میزان خسارات و تلفات به وجود آمده را ارائه می‌دهد (شکل ۴).

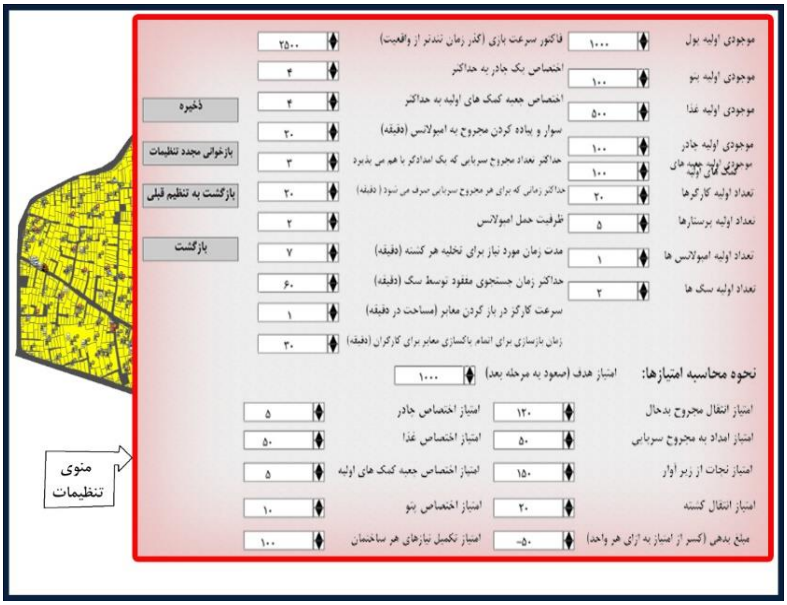


شکل ۴: برآورد میزان خسارات و تلفات به وجود آمده بر حسب شدت زلزله و ساعت روز.

این بازی در ۴ مرحله طراحی شده است. بدین ترتیب که در مرحله ی اول زلزله‌ی ۵ ریشتری، مرحله‌ی دوم زلزله‌ی ۶ ریشتری، مرحله‌ی سوم زلزله‌ی ۷ ریشتری و مرحله‌ی چهارم و آخر زلزله‌ی ۸ ریشتری رخ می‌دهد. نحوه‌ی بازی نیز بدین‌ترتیب است که فرد بازیگر با کسب امتیازات لازم در هر مرحله به مرحله بعد صعود می‌کند. در شکل شماره‌ی ۴، مرحله‌ی اول بازی از زلزله‌ی ۵ ریشتری شروع شده است. حداکثر امتیاز لازم برای اتمام این مرحله برابر با ۱۰۰۰

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

امتیاز است. همچنین، امتیازات اختصاص داده شده به هر اقدام در حین بازی در قسمت پایین شکل شماره‌ی ۲ ارائه شده است. البته، در بخش تنظیمات، که در شکل شماره‌ی ۵ نشان داده شده است، امکان تغییر در همه‌ی این موارد وجود دارد، به طوری که می‌توان سقف امتیاز مورد نیاز برای اتمام مرحله، موجودی‌های اولیه و امتیازات مختص هر اقدام در حین بازی را تغییر داد.

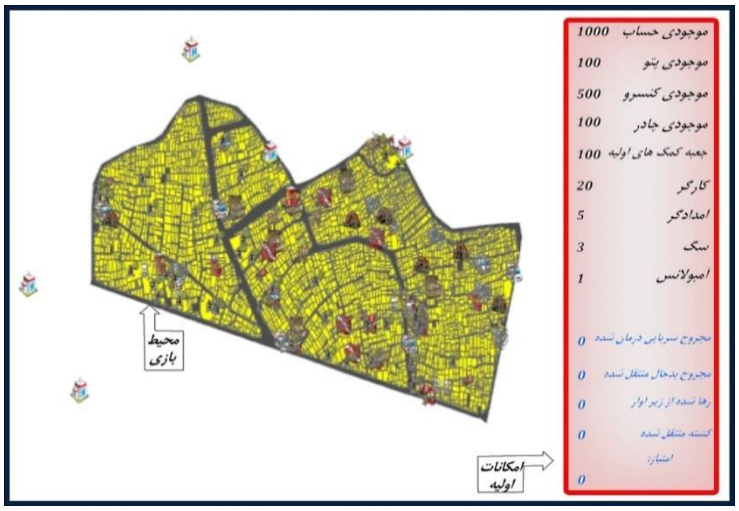


شکل ۵: بخش تنظیمات.

با کلیک روی گزینه‌ی بازی، در شکل شماره‌ی ۴، وارد بازی می‌شویم. اولین قدم در بازی تلاش برای تأمین تجهیزات مورد نیاز است. برای تأمین امکانات و تجهیزات در بازی، به صورت تصادفی بسته‌هایی در بعضی نقاط شهر قرار داده می‌شود و کاربر (بازی‌کننده) باید به این تجهیزات دست یابد و در امدادرسانی به کار گیرد. این تجهیزات عبارت‌اند از:

۱- پتو ۲- بسته غذا ۳- کمک‌های مردمی (پول) ۴- جعبه‌ی کمک‌های اولیه ۵- چادر ۶-کارگر۷- امدادگر ۸- آمبولانس ۹- سگ.

البته در ابتدا مقداری تجهیزات برای شروع بازی در اختیار بازیگر قرار می‌گیرد.



شکل ۶: شروع بازی با امکانات اولیه.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

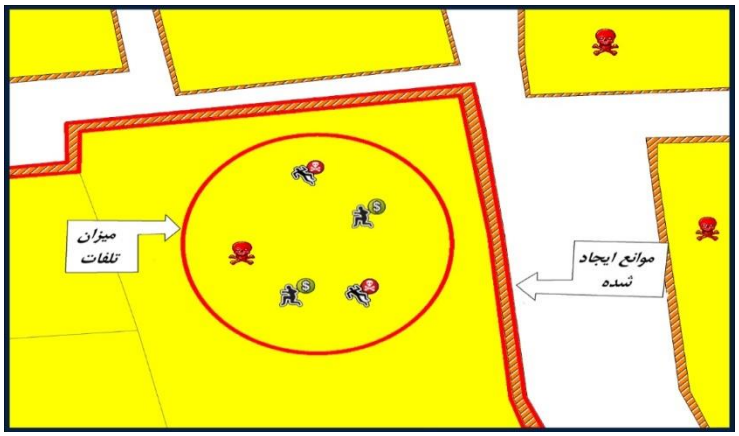
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

هدف از انجام بازی نجات افراد مجروح یا فوت‌شده از زیر آوار است. بر این اساس، ابتدا باید معابری که بر اثر زلزله و تخریب ساختمان‌ها دچار گرفتگی شده‌اند باز شوند تا امکان امدادرسانی به داخل ساختمان‌ها فراهم شود. گرفتگی معابر با بافر دور ساختمان‌ها ایجاد می‌شوند. به منظور رفع این گرفتگی باید از کارگران موجود استفاده شود. در این بازی، کاربر با کلیک بر روی هر مانع محدوده‌ی مانع را برای سپردن به کارگران برای پاکسازی مشخص می‌کند. در پس نرم‌افزار وسعت مانع انتخاب‌شده محاسبه می‌شود و بر اساس سرعت هر کارگر در پاکسازی موانع تعداد کارگران مورد نیاز را برای اتمام کار در یک زمان مشخص تعیین می‌کند.

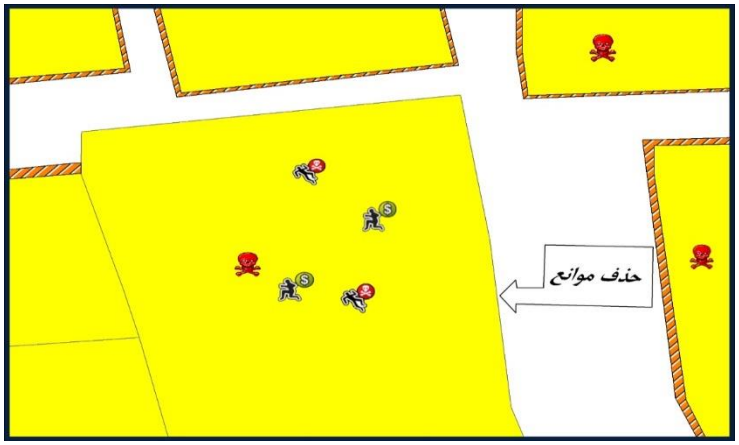
همچنین، در استخدام هر کارگر باید مقداری دستمزد و غذا برای او در نظر گرفته شود. پس از مشخص شدن این عوامل، تعداد کارگر مورد نیاز به پاکسازی موانع مشغول می‌شوند و در حین اجرای این کار برای کارهای دیگر پاسخ نخواهند داد و باید از سایر کارگرها استفاده کرد.

چنانچه قبل از حذف موانع کاربر در پی نجات مجروحان باشد، پیامی با عنوان راه بسته است دریافت خواهند کرد. البته این در شرایطی است که راه امداد و نجات به ساختمان‌ها بسته دچار گرفتگی شده باشد.

مثلاً، در شکل شماره‌ی ۷، موانع جلوی ساختمان‌ها با رنگ هاشور قهوه‌ای و سیاه نشان داده شده‌اند. در این شکل، در پارسل مد نظر ۱ کشته، سه مجروح سرپایی و سه مجروح بیمارستانی وجود دارد. به منظور حذف مانع موجود در جلوی آن، کاربر باید روی موانع کلیک کند. چنانکه شکل شماره‌ی ۸ نشان می‌دهد، موانع موجود از بین رفتند. با حذف موانع امتیازی به کاربر تعلق نمی‌گیرد.



شکل شماره ۷: موانع و تلفات یک ساختمان



شکل ۸: حذف مانع.

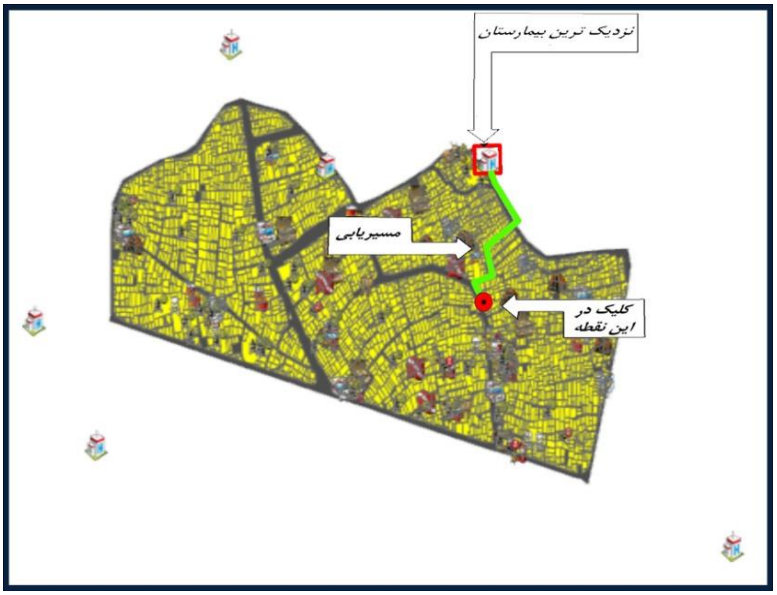
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

پس از حذف موانع موجود در معابر، به نجات افراد مصدوم و انتقال افراد کشته شده می‌پردازیم. بر مبنای این‌که چه تعداد مصدوم سرپایی وجود دارد، امدادگر به کار گرفته می‌شود. در این مورد نیز تعداد افرادی که یک امدادگر می‌تواند با هم بپذیرد و حداکثر زمانی که برای هر فرد می‌تواند وقت بگذارد در تعیین تعداد امدادگر مورد نیاز مؤثر خواهد بود. نکته‌ی مهم این است که چون ما نمی‌دانیم وضعیت هر مصدوم به چه میزان وخیم است، به صورت تصادفی زمان برای هر نفر بین حداقل و حداکثر زمان ــ قابل پرداخت به هر نفر برای امدادگر ــ مشخص می‌شود و در مجموع مقدار وقتی که هر امدادگر مشغول خواهد شد محاسبه می‌شود. هر امدادگر نیز با هر بار به کارگیری مقداری دستمزد و غذا دریافت خواهد کرد.

برای امدادرسانی به مصدومان بدحال به آمبولانس نیاز است. بنابراین، بر مبنای این‌که هر آمبولانسی در هر بار می‌تواند چند مجروح را حمل کند، تعداد آمبولانس مورد نیاز مشخص می‌شود و، از بین آمبولانس‌های موجود، آمبولانس به کار گرفته می‌شود.

مدت زمانی که هر آمبولانس مشغول خواهد بود بستگی به مدت زمان سواره و پیاده کردن مجروحان و زمان رفت و برگشت تا بیمارستان خواهد داشت که مدت زمان رفت و برگشت با استفاده از تحلیل شبکه، یافتن نزدیک‌ترین بیمارستان و انتخاب بهترین مسیر برای تردد مشخص می‌شود. هر آمبولانس به ازای هر بار به کارگیری مبلغی را به عنوان دستمزد دریافت خواهد کرد. با کلیک بر روی هر قسمت از نقشه، بر اساس تحلیل شبکه، نزدیک‌ترین بیمارستان شناسایی شده و برای به کارگیری آمبولانس استفاده می‌شود. شکل شماره‌ی ۹ نشان‌دهنده‌ی این مورد است.



شکل ۹: به کارگیری آمبولانس.

برای امدادرسانی به گرفتارها و مفقودان در زیر آوار از سگ استفاده می‌شود. هر سگ با ورود به هر ساختمان به دنبال حداکثر تعیین‌شده می‌گردد. مقدار جستجوی هر سگ بر مبنای حداکثر زمان تعیین‌شده برای یک جستجو و احتمال پیدا شدن فرد در بازه‌ی زمانی مشخص می‌شود. بنابراین، ممکن است یک سگ تا حداکثر زمان تعیین‌شده به جستجو بپردازد، اما فرد مفقود یافت نشود یا ممکن است در همان ابتدای جستجو فرد را بیابد. با توجه به این موارد از میان سگ‌های موجود و غیر مشغول برای انجام عملیات استفاده می‌شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

برای انتقال کشته‌ها به بیرون از ساختمان از کارگر استفاده خواهد شد. هر کشته برای جابه‌جایی به دو نفر کارگر به مدت تعیین‌شده نیاز خواهد داشت. با ورود به هر ساختمان، چنانچه امکاناتی وجود داشته باشد، کاربر آن را دریافت خواهد کرد. اگر بسته‌ی کمک‌های مردمی (پول) موجود باشد، بلافاصله برداشت و به موجودی حساب اضافه می‌شود. بسته‌های دیگر از جمله جعبه‌ی کمک‌های اولیه، بسته‌ی پتو، بسته‌ی غذا و بسته‌ی چادر برای برداشتن نیاز به مقداری پول دارد. در صورت موجودی کاربر آن را پرداخت و بسته را خریداری می‌کند. دقت کنید که در این موارد چنانچه پول در حساب نباشد، بسته خریداری نخواهد شد. ولی استخدام کارگر، آمبولانس و امدادگر در صورت نبود پول به بدهکاری اضافه خواهد کرد.

اگر کاربر از موجودی تجهیزات برای ادامه‌ی عملیات اطمینان داشته باشد، با فشردن دکمه‌ی Ctrl به همراه click ساختمان را انتخاب می‌کند. با اجرای این کار، تجهیزات و مواد غذایی بر مبنای تعداد افراد ساختمان توزیع خواهد شد. به ازای هر نفر یک بسته‌ی غذایی (کنسرو) و پتو و به ازای تعداد نفرهای تعیین‌شده از قبل (در بخش تنظیمات) بسته‌ی کمک‌های اولیه و چادر اختصاص داده خواهد شد. کاربر باید در اختصاص این امکانات مراقب تمام شدن بسته‌های مواد غذایی باشد.

در این بازی از افزایش امتیاز به عنوان عامل مشوق استفاده شده است. تأکید امتیازها بیشتر بر مواردی است که جان افراد نجات داده شده است. از این رو، امتیاز هر یک از خدمات امداد و نجات بر مبنای نجات افراد مواجه با خطر بیشتر رتبه‌بندی شده است. البته همه‌ی این امتیازها در بخش تنظیمات وجود دارد و کاربر (یا به عبارتی بهتر مدیر و متخصص امداد و نجات) قبل از شروع بازی می‌تواند آن‌ها را بر اساس نظر خود تعیین نماید.

امتیازها به موارد زیر تعلق می‌گیرد:

۱- افراد نجات‌یافته از زیر آوار؛

۲- مصدومان بدحال منتقل‌شده به بیمارستان؛

۳- مصدومان سرپایی تحت درمان قرار گرفته؛

۴- تجهیزات تقسیم‌شده بین زلزله‌زدگان (برای هر کدام از موارد از جمله بسته‌ی غذا، پتو، چادر، جعبه‌ی کمک‌های اولیه امتیاز جداگانه با درجه‌ی اهمیت متناسب اختصاص داده می‌شود)

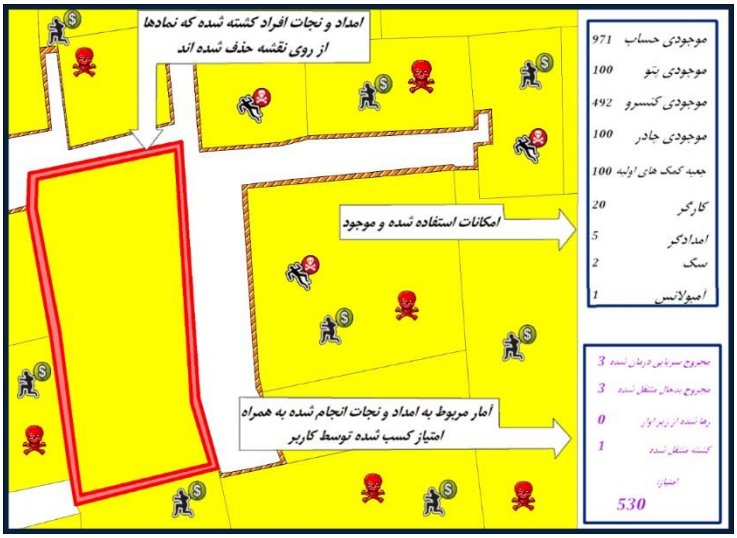
۵- امتیاز ویژه به ازای ساختمان‌های علامت‌گذاری‌شده به عنوان تیمار یافته؛

۶- کسر امتیاز به ازای هر واحد بدهی.

بر اساس توضیحات فوق، برای امدادرسانی، روی پارسل مربوط کلیک می‌کنیم تا کار امداد و نجات مجروحان بیمارستانی، سرپایی و کشته‌شده‌ها صورت پذیرد. بدین ترتیب ۳ مجروح بیمارستانی، ۳ مجروح سرپایی درمان‌شده و یک فرد کشته‌شده منتقل گردید. مجموع امتیاز داده شده به کاربر طی این اقدامات برابر با ۵۳۰ امتیاز است. چنانچه در شکل شماره‌ی ۱۰ نشان داده شده است، طی این عملیات از موجودی حساب و کُنسِرو کم شده و اطلاعات مربوط به اقدامات انجام شده و امتیاز کسب شده در سمت راست و پایین تصویر نشان داده شده است.

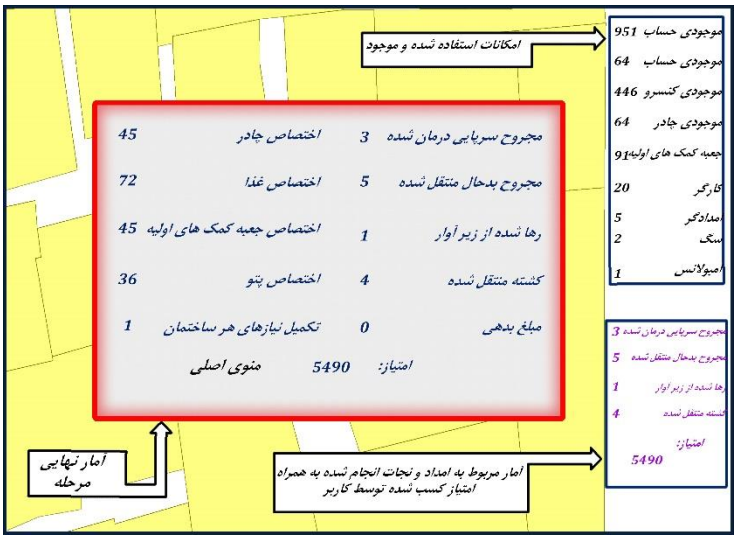
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]



شکل ۱۰: امداد و نجات برای افراد مجروح.

همان طور که در شکل فوق نشان داده شده، تا به حال ۵۳۰ امتیاز توسط کاربر کسب شد. به منظور اتمام این مرحله و ورود به مرحله بعد، باید مجموع امتیازات به حد نصاب ۱۰۰۰ برسد. برای همین لازم است تا تعداد اقدامات زیادی انجام شود. همان طور که در شکل شماره‌ی ۱۱ مشخص است، با انجام اقدامات بیشتر و گذر از مرز ۱۰۰۰ امتیاز، مرحله‌ی اول بازی به اتمام می‌رسد و کاربر وارد مرحله‌ی دوم می‌شود که زلزله‌ی به بزرگای ۶ ریشتر است.



شکل ۱۱: اتمام مرحله اول.

همه‌ی مراحل فوق در هر مرحله از بازی اجرا خواهد شد تا بازی در اتمام مرحله‌ی ۴ با زلزله‌ی ۸ ریشتر به پایان برسد. البته، در هر مرحله، میزان خسارات، خرابی‌ها، گرفتگی معابر و کشته و زخمی‌ها نسبت به مرحله‌ی قبل بیشتر خواهد شد.

نتیجه‌گیری

بر اساس پردازش‌های صورت‌گرفته مشخص شد که نرم‌افزار تهیه شده با عنوان Game GIS می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در حین وقوع زلزله درباره‌ی میزان خسارات و تلفات به بار آمده ارائه دهد. البته، این موضوع منوط به دقت پایگاه داده‌ای است که از آن پشتیبانی می‌کند. بنابراین، بر اساس توابع مختلف تعریف شده در طراحی بازی،

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

امکان نزدیکی به واقعیت‌های زمینی وجود دارد. اما، همان طور که گفته شد، میزان و کیفیت نزدیکی به این وقایع در زمان وقوع زلزله به سطح غنای پایگاه داده که از نرم‌افزار پشتیبانی می‌کند و نوع بهره‌برداری از اطلاعات موجود در آن بازمی‌گردد. دقت اطلاعات موجود در این پایگاه داده به تفکیک هر پارسل است. بر اساس بررسی‌های محقق، تاکنون هیچ تحقیقی درباره‌ی آسیب‌پذیری در برابر زلزله به تفکیک هر ساختمان صورت نگرفته و همه‌ی پژوهش‌ها به صورت منطقه‌ای و در قالب پهنه‌بندی مناطق صورت پذیرفته است. بنابراین، پایگاه داده شاکله‌ی اصلی بازی را تشکیل می‌دهد.

بعد از پایگاه داده، توابع تعریف‌شده در طراحی بازی دارای اهمیت به سزایی هستند، زیرا نوع به‌کارگیری اطلاعات موجود در پایگاه داده با توابع مورد استفاده ارتباط مستقیم دارد. از این رو، هرچه اطلاعات موجود در پایگاه داده دقیق‌تر و کامل‌تر باشد و توابعی تعریف شود که بیشترین اطلاعات موجود را در آن استخراج کند و ارتباط بین این اطلاعات را بهتر برقرار کند، محیط بازی، اتفاقاتی که در آن رخ می‌دهد و میزان خسارات و تلفات به بار آمده بیشتر به واقعیت نزدیک خواهد شد.

نتایج حاصل از بازی نشان می‌دهد که، بر اساس پایگاه داده‌ی طراحی‌شده، میزان تخریب ساختمان‌ها بسته به شاخص‌های تعیین شده از جمله کیفیت و مساحت ساختمان متفاوت است. میزان این تخریب با پلی‌گن‌هایی که دور قطعات ایجاد می‌شود مشخص می‌گردد. هرچه حجم این تخریب بیشتر باشد، زمان برای حذف موانع حاصل از آن بیشتر می‌شود. در بحث مربوط به تحلیل شبکه، در کل محدوده، نزدیک‌ترین بیمارستان‌ها برای انتقال مجروح انتخاب می‌شود. تعداد کشته، مجروح سرپایی و مجروح بیمارستانی بسته به ویژگی‌های هر ساختمان متفاوت است و با شاخص‌هایی از قبیل کیفیت، تعداد طبقه، مصالح مورد استفاده، قدمت بنا و مساحتِ بنا ارتباط بسیار نزدیکی دارد. به عبارتی، در رابطه‌ای معکوس، هر چه از کیفیت شاخص‌های مورد بررسی در هر ساختمان کاسته شد، میزان تلفات موجود در آن افزایش یافت. در بحث امکانات و تجهیزات در دسترس نیز، تخصیص امکانات بر اساس واقعیت انجام می‌شود. علاوه بر موارد مذکور، شاخص زمان نیز یکی از توابع مهم در این بازی است. به دیگر بیان، اجرای همه‌ی فعالیت‌های کاربر به تخصیص زمان مورد نیاز احتیاج دارد. همچنین، بزرگا و زمان وقوع زلزله در میزان تلفات و خسارات به بار آمده تأثیر فراوانی دارد. بر این اساس، همه‌ی اتفاقات بازی حداکثر نزدیکی را با اهداف مورد نظر این پژوهش دارد. به غیر از مباحث مطرح‌شده، مهم‌ترین عامل و به عبارتی عامل اصلی در افزایش یا کاهش میزان تلفات و خسارات زمین‌لرزه در بازی، به بزرگای زلزله بازمی‌گردد، به طوری که در توابع استفاده‌شده با افزایش یک ریشتر به بزرگای زلزله شدت آن به صورت لگاریتمی افزایش می‌یابد. همچنین، تلفات و خسارات ناشی از زمین‌لرزه بسته به زمان بازی دارای نتایج متفاوتی است.

نرم‌افزار تهیه‌شده با عنوان Game GIS قابلیت فراوانی را برای مدیریت همه‌جانبه‌ی مسائل و مشکلات به وجود آمده بعد از بحران دارد، زیرا پتانسیل ذخیره‌سازی، تلفیق و ایجاد ارتباط بین همه‌ی خصوصیات، ویژگی‌ها و عوامل مؤثر در زمین‌لرزه و افزایش آسیب‌پذیری را دارد. همچنین، این بازی دقت فراوانی در برآورد دقیق میزان آسیب‌پذیری هر ساختمان و میزان تلفات و خسارات به بارآمده بر اساس شاخص‌های مورد بررسی دارد. فقط، نکته مهم این است که باید پایگاه داده‌ای بسیار قوی از این بازی پشتیبانی کند و توابع قوی و محکمی برای استفاده از اطلاعات این پایگاه داده تعریف و طراحی شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]

منابع

پورکریم، سمیرا. ۱۳۹۱. *ارزیابی کیفیت دسترسی به فضاهای باز شهری به هنگام وقوع حوادث غیرمترقبه، مطالعه‌ی موردی: کلان‌شهر تبریز*، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، رشته‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده‌ی علوم انسانی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان.

کرمی، محمدرضا. ۱۳۹۱. *ارزیابی خطر زلزله و آسیب‌پذیری شهرها با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نمونه موردی: شهر تبریز*، پایان‌نامه‌ی دکتری، رشته‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده‌ی علوم محیطی و معماری، دانشگاه تبریز.

مرکز آمار ایران. ۱۳۹۰. *سرشماری عمومی نفوس و مسکن، نقشه‌ی بلوک‌های آماری شهر تبریز*، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان‌شرقی، اداره‌ی آمار و اطلاعات.

مهندسین مشاور تهران‌پادیر. ۱۳۸۷. *مطالعات ریزپهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر تبریز*، وزارت مسکن و شهرسازی، سازمان مسکن و شهرسازی آذربایجان‌شرقی، **۲**: ۴۴-۴۵.

Amirian, Pouria. ۲۰۱۳. *ArcGIS for Desktop Development Using .NET*. John Wiley & Sons, Ltd, United Kingdom.

Blochel, Kevin; Geniviva, Amanda; Miller, Zachary; Nadareski , Matthew; Dengos , Alexa; Feeney, Emily; Mathews, Alyssa; Nelson, Jonathan; Uihlein, Jonathan; Floeser, Michael; Szarzynski, Jörg; and Tomaszewski, Brian. ۲۰۱۳. A Serious Game for Measuring Disaster Response Spatial Thinking. *Rochester Institute of Technology*, au summer: ۱-٤.

Cartwright, William. ۲۰۰۱. Metaphor and Gaming and Access to Spatial Information. *Seminar on Cartography*, "Cartographic Education": ۱-۱۸.

Du, Wenjiang. ۲۰۱۳. *Informatics and Management Science VI*. Springer, London.

Forbes, Adam. ۲۰۰٦. *Issues Involved in the Development of Internet-Based GIS Applications.* A dissertation submitted for the degree of Bachelor of Applied Science at the University of Otago, Dunedin, New Zealand.

Johnson, Jeff Dayton. ۲۰۰٦. *Natural Disaster and Vulnerability*. Development Center or of the Governments of their Member Countries. John Wiley & Sons, Ltd, United Kingdom.

Kindleberger, C. ۱۹۹۳. Multimedia-The next big wave. *Proceedings of URISA Conference*, **۱**: ۱۲۲-۱۳۳.

Kuhn, W. ۱۹۹۲. Let metaphors overcome their wimp image. *NCGIA*, Initiative, **۱۳**: ۸۷-۹۲.

Lee, Chin-sheng. ۲۰۱۲. Multi-objective game-theory models for conflict analysis in reservoir watershed management. *Chemosphere*, ۸۷: ٦۰۸-٦۱۸.

Longely, A.; Goodchiled, F.; Maguire, J. and Rhind, W. ۲۰۱۱. *Geographic Information Systems & Science.* John Wiley & Sons, United States of America.

Malczewski, Jacek. ۱۹۹۹. *GIS and Multicriteria Decision Analysis.* John Wiley & Sons, United States of America.

Mcluhan, Marshall. ۱۹۹٤. Understanding Media: The Extensions of Man. Gingko Press Inc, Canada.

Navratil, Gerhard. ۲۰۰۹. *Research Trends in Geographic Information Science.* Springe, Berlin.

Rocha, Álvaro; Maria Correia, Ana; Wilson, Tom and Stroetmann, A. ۲۰۱۳. *Advances in Information Systems and Technologies*. Springer, Berlin.

Yellard, P. ۱۹۹٤. *Game playing nurtures design skills*. In the Australian.

Zannos, Susan. ۲۰۰۳. *Charles Richter and the Story of the Richard Scale.* Unlocking the Secrets of Science, United States of America.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.33]