توسعه‌ی یک سیستم شبیه‌سازی عامل– مبنا در عملیات امداد و نجات

نوید هوشنگی[1] علی‌اصغر آل‌شیخ[2]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۹/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۵/۳۱

****

چکیده

مدلسازی عامل- مبنا (ABM)[3] رویکردی نوین جهت توسعه‌ی ابزارهای شبیه‌سازی برای پدیده‌های پیچیده در حوزه‌های مختلف از جمله بلایای طبیعی، مطالعات بیولوژیکی و شرایط امداد و نجات زلزله است. این مقاله یک سیستم شبیه‌سازی برای عملیات امداد و نجات با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی (GIS)، سیستم‌های چندعاملی (MAS)[4] و مفهـوم هماهنگ‌سازی برای انتساب پویای وظایف بین عامل‌های جستجوگر و عامل‌های آزادساز را ارائه می‌دهد. هدف اصلی این مقاله استفاده ازسیستم‌های چندعاملی برای‌شبیه‌سازی فعالیت‌ها، افزایش کـارایی گروه‌های امداد و نجات و ارائه راهکاری جهت یافتن رابطه‌ی بین تعداد عامل‌های جستجوگر و آزادساز با در نظر گرفتن حداکثر تعداد شهروندان نجات یافته می‌باشد. این سیستم می‌تواند برای مدیریت و تصمیم‌گیری قبل از زلزله استفاده شود.

ارزیابی سیستم توسعه داده شده در قسمتی از منطقه ۳ شهر تهران صورت پذیرفت. سیستم پیشنهادی شامل سه بخش است: مدلسازی محیط و گروه‌های کاری با استفاده از GIS، تحلیل عملیات جستجو توسط سیستم چندعاملی و بصری‌سازی نتایج. لذا ابتدا محیط با استفاده از داده‌های مکانی مدلسازی شده و سپس مقدار فضایی که هر عامل باید به جست و جو بپردازد برای هر عامل تخصیص داده می‌شود. در ادامه هر یک از عامل‌های جستجوگر از الگوریتم کلونی مورچگان برای ترتیب‌دهی وظایف خود در جهت یافتن راه‌حلی نزدیک به بهینه برای جستجوی فضای مطالعاتی استفاده می‌برند. سپس مجروحین پیدا شده توسط عامل‌ها جست و جوگر، با استفاده از قرارداد شبکه[5] به عامل‌های آزادساز تخصیص داده می‌شوند. نتیجه‌ی این تحقیق در قالب نموداری که رابطه‌ی تعداد عامل‌های جستجوگر و عامل‌های آزادساز (با توجه به تعداد افراد نجات یافته، در صورت هماهنگی عامل‌ها) را نشان می‌دهد ارائه شده است. نتیجه‌ی حاصل الگویی در یافتن تعداد افراد مورد نیاز برای عملیات امداد و نجات در بخش‌های مختلف شهری و برقراری تعادل بین تعداد نفرات را ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: سیستم‌های چندعاملی، عملیات امداد و نجات، هماهنگی بین عامل‌ها، سیستم اطلاعات مکانی.

****

۱- دانشجوی دکترای گروه مهندسی GIS، دانشکده ژئودزی-ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران (نویسنده مسئول) navid.hooshangi@yahoo.com

۲- استادگروه مهندسی GIS، دانشکده ژئودزی-ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران alesheikh@kntu.ac.ir

3- Agent Based Modeling

4- Multi Agent System

5- Contract net

مقدمه

بلایای طبیعی مانند زلزله همواره برای زندگی بشر در محیط‌های شهری تهدیدی جدی بوده‌اند. بشر همواره در پی کاستن صدمات مالی و جانی ناشی از وقوع چنین بلایایی است. بزرگی فضای زلزله و سرعت بالای تغییرات در محیط زلزله زده باعث می‌شود که بشر ناتوان از ارائه راه حل بهینه برای نجات جان مردم و کم کردن میزان خسارت باشد. زلزله به ویژه در کشورهای در حال توسعه که در آنها استانداردهای سازه کمتر رعایت می‌شود تخریب‌های فراوانی به جا می‌گذارد *(Edrissi et al., 2013)*.

زلزله همواره با تخریب خیابان‌ها، راه‌ها و سایر زیر ساخت‌های شهری و آتش‌سوزی در منازل تخریب شده همراه می‌شود. در طول ادوار مختلف، زلزله خسارات اجتماعی و اقتصادی زیادی بر جامعه ایران تحمیل کرده است، لذا مقابله با این بحران در قالب یک مدیریت صحیح و بهینه امری کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. همواره پیچیدگی دسترسی به مناطق زلزله‌زده، دشواری عملیات امداد و نجات را به همراه داشته است *(آقامحمدی و همکاران، ۱۳۸٤)*. تنها ساختارهای مدیریتی می‌توانند در این شرایط دشوار بر اوضاع جاری غلبه کنند که خود از حد قابل قبولی انسجام و انعطاف برخودار باشند *(شریفی‌سده، ۱۳۹۱)*.امروزه اهمیت سیستم‌های هوشمندی که بتوانند در عملیات نجات به گونه‌ای به انسان کمک کنند که جان تعداد بیشتری از مردم نجات یابد، بارزتر شده است.

استفاده‌ازعلومی‌که‌امکان‌بررسی‌وآنالیزاستراتژی‌های‌مختلف در برخورد با بحران را بدهد، سبب بهینه‌سازی تصمیم‌گیری و در نهایت کاهش خسارات می‌شود. این موضوع یکی از دلایلی است که منجر شده تا تلاش‌هایی در جهت ایجاد سیستم‌هایی پویا در شبیه‌سازی زلزله صورت گیرد. استفاده از شبیه‌سازی پویای شهری در عملیات امداد و نجات می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های سنتی تصمیم‌گیری باشد. زیرا، این سیستم‌ها توانایی مدلسازی اجزاء تصمیم‌گیر را همراه با در نظر گرفتن تعامل میان آنها دارند و می‌توانند مشارکت گروه‌های مختلف بر روی تصمیم‌گیری‌ها را بدون دخالت عوامل ثانویه مدلسازی کرده و راهی جهت مطالعه عملیات امداد و نجات فراهم نمایند.

از خصوصیات این گونه سیستم‌ها می‌توان به قدرت و توانایی بالای آنها در ترکیب و در نظر گرفتن پیچیدگی‌های ناسازگار زمانی- مکانی و رفتاری اشاره کرد.

مدل‌های شبیه‌سازی راه‌حل‌های کارآمدی را جهت تحلیل پیچیدگی‌های تعاملات و فرآیندهای شهری ارائه می‌دهند و می‌توانند در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری استفاده شوند *(Fecht et al., 2014)*.

استفاده از سیستم‌های عامل مبنا با توجه به انعطاف‌پذیری و امکان ترکیب مکان و زمان می‌تواند ابزاری قدرتمند در زمینه شبیه‌سازی عملیات و مدیریت استراتژیک مسائل امداد و نجات باشند*(صداقت، ۱۳۹۱)*. این سیستم‌ها می‌توانند با طیف وسیعی از عامل‌ها از جمله مردم، روبات‌ها، هلیکوپترها، و وسایل نقلیه در ارتباط باشند و بواسطه همکاری با یکدیگر مسائل را به شکل توزیع شده حل کنند. در تحقیقات متعددی، به قابلیت‌های فراوان استفاده از ساختارهای عامل- مبنا جهت مدلسازی بخشی از رفتارهای انسان‌ها در ارتباط با محیط که منجر به هماهنگی در عملیات امداد ونجات می‌گردد اشاره شده است *(حسینعلی و همکاران،۱۳۹۱)*.

دلایل زیادی وجود دارد که استفاده از سیستم‌های چند عاملی را در مدیریت بحران مناسب کرده است. سیستم‌های چندعاملی امکان شبیه‌سازی میزان تخریب ساختمانها و خانه‌ها، وقوع آتش، فعالیت آتش‌نشانان، آسیب زیر ساخت های شهری، مصدومین و آواره‌ها، و محل مجروحان را ممکن می‌سازد، لذا می‌تواند در یافتن استراتژی‌های بهینه برای عملیات جستجو و نجات در حادثه‌هایی با ابعاد بزرگ و مدیریت بحران از کارایی سیستم‌های چندعاملی استفاده کرد *(صداقت، ۱۳۹۱)*. در سیستم‌های چندعاملی به عامل‌ها اجازه داده می‌شود که در محیط حضور پیدا کرده و جهت تخلیه محیط همکاری و یا رقابت کنند. MASها سیستم‌های پیچیده را با تأکید بر تعامل بین عامل‌ها مخاطب قرار داده و امکان شکستن سیستم به

زیربخش‌های محیط و سایر عمل کننده‌ها را فراهم می‌کنند *(Uno et al., 2008)*. فیدریش و برغاوت بیان داشتند که MASها پتانسیل بالایی در کمک رسانی در بلایای طبیعی، از کمک رسانی اولیه تا فهم موقعیت افراد را دارند *(Crooks et al., 2013)*.

مدل‌سازی عامل- مبنا به دلیل ماهیت پایین بـه بالا، قابلیت شبیه‌سازی تصمیم‌گیری و تنوع و انعطاف‌پذیری بالا از جایگاه ممتازی در بین روش‌های مورد استفاده در مدیریت بحران برخوردار است *(حسینعلی و همکاران، ۱۳۹۱)*. مدل عامل- مبنا قادر است تا با در نظرگرفتن گروه‌های کاری مختلف به عنوان عوامل هوشمند وپیاده‌سازی مواردی که در تصمیم‌گیری آنها در عملیات امداد و نجات مؤثر است، امکان تصمیم‌گیری را مهیا کند. داده کاوی و شبیه‌سازی در محیط‌های پیچیده می‌بایست به صورت پویا و متغیر عمل کنند زیرا تغییرات موجود در هر المان این سیستم‌ها می‌تواند بر کارایی کلی آنها تأثیرگذار باشد *(بهرامیان و خادمی، ۱۳۹۲)*. از آنجا که هدف از شبیه‌سازی عامل، به کارگیری آنها در سیستم‌های پیچیده است، بنابراین با استفاده از آنها می‌توان روش‌های مناسبی جهت ارتقاء نحوه مدیریت و تصمیم‌گیری در عملیات امداد و نجات در سیستم‌های پیچیده و توزیع شده یافت.

مزیت استفاده از مدلسازی عامل مبنا، رویکرد و نگاه تازه‌ای است که به مدیریت بحران داده‌اند و برخلاف رویکردهای مدل-سازی قبلی، می‌توانند به مفهوم‌سازی نیازها و تأخیر رفتار افراد بر روی جمعیت بعد از زلزله کمک کنند. داشتن این رویکرد به محققین اجازه می‌دهد سناریوهای مختلفی از امداد رسانی و توزیع امکانات، بررسی هزینه و منفعت را بر روی همان محیط اعمال کنند *(Crooks et al., 2013)*. هدف چنین مدل‌هایی درک بهتر، و در برخی موارد مدیریت بهتر سیستم‌های اجتماعی پیچیده می‌باشد. اینگونه سیستم‌ها قابلیت پردازش حجم وسیعی از اطلاعات شهری را دارند و می‌توانند در قالب عامل‌های همکار[1]، کارایی تیم نجات را به طور قابل توجهی افزایش دهند *(صداقت، ۱۳۹۱)*.

در سیستم‌های چندعاملی می‌توان با توجه به قابلیت‌ها و توانایی‌های متفاوت هر عامل، هماهنگی لازم بین عامل‌های مختلف را به گونه‌ای برقرار کرد که بتواند یک فعالیت را با همکاری یکدیگر انجام دهند.

یکی از مسائلی که در مواجهه با بحران بسیار اتفاق می‌افتد، عدم توانایی گروه‌های حاضر در محل حادثه برای انجام کار مفید است. مسئله تخصیص کار در سیستم‌های چند روباتی از دهه ۱۹۹۰ مورد توجه محققان قرار گرفت. در محیط- های چند روباتی مسئله تخصیص کار، مسئله‌ای است که یک نگاشت مناسب بین روبات‌ها و کارها را تعیین می‌کند *(خالوزاده مبارکه، ۱۳۹۰)*. ایجاد هماهنگی یکی دیگر از مسائل مهم و اساسی در سیستم‌های چندعاملی است که توسط محققین بسیاری مورد مطالعه قرار گرفته است. بدون وجود هماهنگی میان عامل‌ها، ممکن است سیستم دچار هرج و مرج شده و از رسیدن به هدف نهایی باز بماند *(صداقت، ۱۳۹۱- قربانی و معصومی، ۱۳۹۰)*.

روش‌های مختلفی برای برنامه‌ریزی و مدیریت عملیات وجود دارد؛ که می‌توان به وجود یک برنامه‌ریز مرکزی، برنامه‌ریزی به صورت توزیع شده و همزمان، برنامه‌ریزی به صورت کاملاً توزیع شده و غیرهمزمان اشاره داشت *(صداقت، ۱۳۹۱)*. در روش کاملاً توزیع شده و غیرهمزمان، برخلاف روش‌هایی که مبتنی بر سیستم برنامه‌ریزی مرکزی هستند، سامانه‌ها در شرایطی که هیچ فرماندهی مرکزی وجود ندارد و یا بواسطه رخ دادن حادثه آسیب دیده‌اند، کاربرد دارند. سیستم‌های چندعامله می‌توانند به ایجاد روشی جهت برنامه‌ریزی به صورت کاملاً توزیع شده و غیرهمزمان منجر شوند و می‌توانند در تعیین و مدیریت استراتژیک مسائل امداد و نجات استفاده شوند. استفاده از سیستم‌های چندعامله می‌توانند در برنامه‌ریزی بلادرنگ مورد استفاده قرار گیرند. واضح است که در فضای زلزله‌زده برنامه‌ریزی به صورت بلادرنگ کاملاً ضروری است؛ چرا که تغییرات وضعیت محیط بسیار سریع است.

مدل‌های اولیه سیستم‌های عامل مبنا ضعف‌ها و مشکلات

1- Assistant Agents

بسیار زیادی داشتند. با گسترش مدل‌های عامل مبنا، به تدریج ناکارآمدی‌های اولیه برطرف گردید و این مدل‌ها در زمینه‌های مرتبط با مکان از جمله مدلسازی عملیات بعد از زلزله کارایی‌های موفقیت آمیزی از خود نشان دادند *(عسگری مهرآبادی و همکاران،۱۳۹۲)*. برای اولین بار پس از مرگ ۸۵۰۰ نفر در زلزله شهر کوبه ، ژاپنی‌ها محیط شبیه‌سازی زلزله را ایجاد کردند. این سیستم از سال ۲۰۰۰به طور رسمی به عنوان یکی از شاخه‌های مسابقات جهانی ربوکاپ معرفی شد *(شهبازی و همکاران،۱۳۹۰)*.

عامل‌ها همزمان در شاخه‌های مختلف دیگری نیز گسترش داده شده‌اند. فچت و همکاران (۲۰۱٤) مدل شبیه‌سازی شهری برای تحلیل‌های سلامت زیست محیطی[1] (SIENA) جهت شبیه‌سازی فضای شهری و مدلسازی فرآیندها و تعاملات مربوطه به مطالعات ژئوگرافیکی و سلامت محیط زیستی گسترش دادند*(Fechtet al., 2014)*. ولچ و همکاران (۲۰۱٤) در کاربردی دیگر برای درک بهتر خطرات حشره‌ی OWS[2] در استرالیا، به توسعه و ایجاد ابزاری مناسب برای سیاستگذاران جهت تحلیل توزیع مکانی OWS و تأثیرات آن بر چهارپایان برای حمایت تصمیم‌گیری پرداختند. این سیستم ترکیب محاسبات GPCPU[3] و GIS جهت گسترش سیستم‌های شبیه‌سازی عامل مبنا را نشان می‌دهد*(Welch et al., 2014)* جهت شبیه‌سازی پراکنش دانه‌ها؛ که توسط عوامل مختلف دست خوش تغییرات می‌شود، یک نمونه اولیه‌ی سامانه GIS مبنا ایجاد شد*(Qiu et al., 2008)* .

کروکس و همکاران (۲۰۱۳) یک مدل نمونه مکانی عامل–مبنا با استفاده از GIS و سایر منابع موجود برای مطالعه‌ی اتفاقات بعد از زلزله ارائه دادند.

در این مقاله چگونگی استفاده از تکنولوژی وب ۲ و محصولات آن برای ترکیب منابع داده‌های قدیمی و اتصال آنها به مدل‌های شبیه‌سازی شده برای کمک به عملیات امداد و نجات نشان داده شد. این تحقیق چارچوب مدلسازی جدیدی برای ترکیب شبیه‌سازی عامل مبنا و منابع مختلف داده‌های مکانی مانند VGI ارائه داد.

اخیراً نیز محققان بر روی استفاده از کمک‌های مردمی برای بصری سازی زیرساخت‌های آسیب دیده تمرکز کرده‌اند *(Crooks et al., 2013)* . در بسیاری از موارد اطلاعات مردمی می‌تواند فواید بسزایی در عملیات امداد و نجات داشته باشد.

ادریسی و همکاران (۲۰۱۳) به هماهنگ‌سازی سه گروه عامل در عملیات زلزله پرداخته و رویکردی ابتکاری برای حل زیر مسئله‌های پیش رو در زلزله را ارائه دادند.

این مقاله در واقع فرمولی برای مدلسازی تعامل سه بخش اصلی ارائه می‌دهد و بر اهمیت هماهنگ‌سازی تأکید ویژه می‌کند. نتایج این تحقیق نشان از ۲٤٪ – ۷/۵٪ پیشرفت در خدمات امدادرسانی در صورت هماهنگی عامل‌ها دارد *(Edrissi et al., 2013)*.

مدل‌های عامل مبنای مختلفی برای شبیه‌سازی عملیات تخلیه در هنگام زلزله ایجاد شده‌اند. از جمله آنها مدلی است که بر مبنای تحلیل‌های تصاویر ویدوئی دنیای واقعی ایجاد شده است. این مدل به منظور بررسی اثرات رفتارهای انسان‌ها در حین زلزله کاربرد دارد. ترکیب مدل‌های کوچک مقیاس و بزرگ مقیاس[4] شبیه‌سازی جهت افزایش سرعت تعیین برنامه‌ی تخلیه‌ی بهینه بعد از زلزله نیز صورت گرفته است. هدف از این کار تعیین مدل کارآمد ماکرو بود که در بخشی از شبکه‌ی راه‌ها با افزایش جزئیات در قالب مدل میکرو تحلیل می‌شد. مشکل اصلی این رویکرد، بحث سازگاری نتایج مدل ترکیبی[5] بود*(Anh et al., 2012)*. اریک و همکاران (۲۰۱۲) یک مدل ترکیبی برای شبیه‌سازی عملیات تخلیه در تسونامی ارائه دادند. مدل پیشنهاد شده قابلیت مشاهده و بررسی رفتار افراد در فرآیند پیچیده‌ی تخلیه تسونامی بر مبنای تحلیل‌های تصاویر ویدوئی دنیای واقعی را فراهم می‌کرد. در این مطالعه در واقع مدلی عامل مبنا که امکان تعریف ویژگی‌های خاص برای هر کدام از عامل‌ها

1-Urban simulation model for environmental health analysis
2-Old World Screwworm
3-General-Purpose Computing on Graphics Processing Units
4- Micro& Macro Modeling
5- Hybrid

(انسان‌ها) را داشته باشد تعریف شد (*Erick et al., 2012*).

تحقیقات داخلی متعددی نیز به استفاده از سیستم‌های چندعاملی در زمینه‌های مختلف پرداخته‌اند. منیری و همکاران (۱۳۸۸) یک سیستم چند عاملی با استفاده از مفهوم استنتاج مبتنی بر مورد همکارانه[1] برای انتساب ایستای وظایف در سیستم‌های محاسباتی ناهمگن، ارائه دادند. در تحقیق ایشان هر یک از عامل‌ها از الگوریتم LA-CBR[2] برای انجام وظایف خود در جهت یافتن راه‌حلی نزدیک به بهینه برای مسأله‌ی مربوطه، در همکاری بـا عامل‌های دیگر بکار می‌بردند.

حسینعلی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی دیگر یک مدل عامل مبنا برای شبیه‌سازی گسترش کاربری اراضی شهری و مسکونی در شهرستان‌های قزوین و البرز ایجاد و پیاده‌سازی کردند. در این تحقیق با توجه به ماهیت مکانی مسأله، برای فراهم سازی بستر حرکت و جستجوی عامل‌ها و نیز جمع‌بندی و تحلیل نتایج بدست آمده از سامانه اطلاعات مکانی (GIS) استفاده شد.

خجسته و میبدی (۱۳۸۲) با استفاده از ارزیابی سیستم شبیه‌سازی فوتبال، به بررسی کارآیی اتوماتای یادگیر در همکاری بین عامل‌های عضو یک تیم پرداخته‌اند. بدلیل وجود تعداد حالات بسیار زیاد در دامنه‌های چندعاملی پیچیده، داشتن روشی برای عمومی‌سازی حالات محیطی، امری ضروری است چرا که انتخاب مناسب چنین روشی، در تعیین حالات و اعمال عامل نقشی تعیین کننده دارد.

جباری و همکاران (۱۳۸٦)به مسأله‌ی گردآوری عوامل همسان و پراکنده در یک محیط گسترده پرداخته و دو راهکار برای خوشه‌بندی عوامل پراکنده در محیط پیشنهاد داده‌اند. اولین راهکار با تجهیز سلول‌های محیط به اتوماتای یادگیر و هدایت عوامل با استفاده از اتوماتاهای یادگیر، و دومین راهکار، مجهز کردن هر سلول به تعدای بردار پویا که عامل برای یافتن مکان بعدی خود از مقادیر این بردارها استفاده کند، بود.

وفایی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸) مدلی الهام گرفته از روش مناقصه و مزایده‌گذاری اقتصادی پیشنهاد کرده و به بررسی کارایی و قابلیت اجرایی مدل پیشنهادی با شبیه‌سازی فعالیت‌های دو گروه زنده‌یابی و آواربردار از گروه‌های امداد و نجات زمین‌لرزه مورد ارزیابی و تأیید قرار دادند. در این شبیه‌سازی برای مراحل "تخصیص وظایف به افراد" و "کنترل" با استفاده از اطلاعات مکانی، مدل‌های شبیه‌سازی خسارت‌های سازه‌ای و انسانی، در محیط ArcGIS انجام شد و قابلیت اجرایی آنها مورد تأیید قرار گرفت.

هدف اصلی تحقیق حاضر ایجاد مدل پویای عامل مبنای شبیه‌سازی عملیات امداد و نجات و فراهم آوردن ابزاری است که قادر باشد با ارائه تصویری از نحوه‌ی انجام عملیات امداد و نجات، امکان پیش آگاهی و پیش‌بینی از تعداد نفرات مورد نیاز در عملیات امداد و نجات، جهت برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در لحظات حساس فراهم نماید. این پیش‌بینی ممکن است در زمان وقوع زلزله با ورود پارامترهای لازم انجام شود، و یا ممکن است با شبیه‌سازی شرایط زلزله جهت پیش‌بینی و تصمیم‌گیری‌های آتی برای کاهش خطرات حادثه‌ها در زلزله انجام شود. با طراحی و پیاده‌سازی چنین سیستمی می‌توان از آن در برنامه‌ریزی و ایجاد چندین سناریوی از پیش تعیین شده برای جست‌جو و نجات مصدومین، و ارزیابی برنامه‌ها و استراتژی‌های پیشنهاد شده و تولید شده توسط کارشناسان مربوطه استفاده کرد.

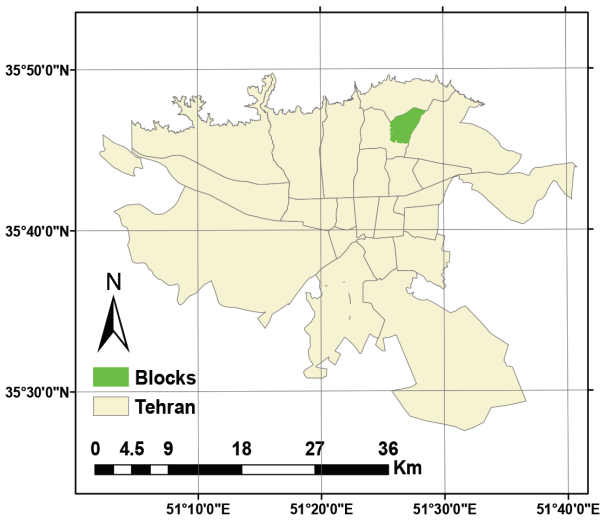
۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر تهران سکنی دهنده‌ی بیش از ۸ میلیون نفر می‌باشد. این شهر نزدیک به مراکز اصلی زلزله ایران است که می‌تواند زلزله‌های خطرناکی را شاهد باشد. منطقهٔ مـورد مطالعـه در ایـن پـژوهش قسـمتی از شمال‌شرقی منطقه سوم شهر تهران است (نگاره ۱). منطقـه‌ی مطالعاتی بـه شکل ذوزنقه‌ای درقاچ ۳۹ شمالی از سیستم تصـویر UTM[3] قـرار گرفتـه است، به طـوری کـه از مختصات (۳۹۵۷۲۰۰، ۵۳۸٦۰۰=xy) درجنوب غربـی

1- Case Based Reasoning (CBR)- Cooperation
2-Learning Automata-Case Based Reasoning

3- Universal Transverse Mercator

تـا مختصات (۳۹۶۱۲۰۰، ۵۴۲۴۰۰)=xy در شـمال‌شرقی را پوشش می‌دهد. موقعیت دقیق محدوده در نگاره ۱ نمایش داده شده است.این محدوده یکی از مناطق قدیمی تهران محسوب می‌شود و مساحتی در حدود ۱۰کیلومتر مربع را در بر گرفته که جمعیتی بالغ بر ۱۰۲۱۷ نفر در آن ساکن می‌باشند.



نگاره ۱: نمایشی از محدوده‌ی مطالعاتی

۳- داده‌های مورد استفاده

به منظور ایجاد محیط مصنوعی برای شبیه‌سازی، نیازمند استفاده از محیط‌های GIS می‌باشیم.

سه بخش مهم که در این تحقیق برای شبیه‌سازی عملیات امداد و نجات وجود دارند، عبارتنـداز: فضای کاری و پراکندگی مصدومین، گروه عامل‌های جستجوگر و گروه آزادساز. مکان اولیه گروه عامل‌های جستجوگر وگروه آزادساز در قالب سه نقشه‌ی برداری تولید شدند.

در این تحقیق از نقشه‌ی بلوک‌های شهری منطقه سه، نقشه‌ی پراکندگی عامل‌های شهروندان آسیب‌دیده، جستجوگر و آزادساز برای تولید محیط و مکان عامل‌ها و از نقشه‌ی راه‌های موجود نیز برای تعیین مسیر حرکت عامل‌ها استفاده شد. بـرای آمـاده‌سـازی داده‌ها از نرم‌افزار ArcGIS 10.2.2 و از پایگاه داده‌ی Microsoft Access نیز برای ذخیره سازی اطلاعات مربوط به گروه‌ها استفاده گردید.

٤- روش‌های استفاده شده

برنامه‌ریزی در سیستم‌های چندعاملی عملیات نجات مستلزم برنامه‌ریزی و کنترل تعداد زیادی از عامل‌های متفاوت با قابلیت‌های مختلف است، که در محیطی پویا و با سرعت تغییرات زیاد در حال جست‌وجو و نجات حادثه دیدگان هستند.در ساختار کلی، تیم‌های امداد و نجات شامل پنج بخش اصلی است، که عبارتند از: بخش مدیریت، بخش جست‌وجو، بخش نجات، بخش پزشکی و بخش لجستیک *(شریفی سده، ۱۳۹۱)*.

در سیستم‌های شبیه‌ساز هر چه نقشه‌ها و پارامترهای بیشتری مورد استفاده قرار گیرند، می‌تواند دقت نتایج را بیشتر کند.با این وجود، در بسیاری از شرایط اسـتفاده از معیارها و پارامترهای بیشتر، تنها مسأله را پیچیده‌تـر کرده و کمکی به بهبود نتایج نمی‌نمایـد، از طرفی درک محتوای سیستم را نیز با مشکل روبرو می‌کند *(شریفی سده، ۱۳۹۱)*.

لذا، در این تحقیق جهت مدل‌سازی فضای زلزله زده به شبیه‌سازی عملکرد دو گروه جستجوگر و آزادساز به عنوان عامل‌های مستقل پرداخته می‌شود. نقش هر کدام از آنها در سیستم شبیه‌سازی شده به قرار زیر است:

- ***عامل شهروند:*** این عامل هوشمند نیست و به عنوان مصدوم در منطقه حضور دارد. وظیفه عامل‌های دیگر، نجات شهروندان آسیب‌دیده است.
- ***عامل جستجوگر:*** این عامل به سمت ساختمان‌های مورد نظر حرکت می‌کند و وظیفه جستجوی فضای عملیاتی و شهروندان را دارا می‌باشد، هر عامل جستجوگر شناسه‌ای جهت تمایز با عامل‌های دیگر دارد.
- ***عامل آزادساز:*** این عامل بعد از توافق با عامل جستجوگر، عملیات نجات را شروع می‌کند و مسئولیت نجات شهروندان را برعهده دارد، هرعامل آزادساز شناسه‌ای جهت تمایز با عامل‌های دیگر دارد.

دو مبحث اصلی در طراحی عامل‌ها در قالب تیم‌های

عملیاتی اهمیت دارد که یکی طراحی عامل‌ها وقوانین مربوط به آنها و دیگری نحوه‌ی برقراری روابط بین عامل‌ها با یکدیگر می‌باشد.

در سیستم شبیه‌سازی شده‌ی این تحقیق، عامل‌ها هم از نظر تصمیم‌گیری و هم از نظر تعامل به صورت ساده در نظر گرفته شدند. قوانین و پایگاه منطق عامل‌های استفاده شده در این تحقیق به صورت قانون مبنا[1] هستند و به صورت اگر آن گاه بیان می‌شوند، در این مورد تصمیمات با استفاده از قوانین اگر ... آنگاه[2] به عنوان بهترین عمل انتخاب می‌شود. عامل‌های جستجو و آزادساز می‌توانند از طریق ایجاد پیام و بیدگذاری به یکدیگر پیام دهند و با هم ارتباط داشته باشند.

دلایل متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد که عامل‌های مختلف نیاز دارند تا با یکدیگر همکاری و هماهنگی داشته باشند. از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره داشت: (۱) اهداف عوامل ممکن است باعث درگیری در میان اقدامات عوامل شود، (۲) اهداف عوامل ممکن است وابسته به همدیگر باشند، و (۳) عوامل ممکن است توانایی‌ها و دانش‌های متفاوتی داشته باشند *(شهبازی و همکاران،۱۳۹۰)*.

یک تکنیک هماهنگی مهم جهت تخصیص وظایف و منابع در میان عامل‌ها و تعیین ساختار سازمانی، پروتکل قرارداد شبکه[3] می‌باشد. این رویکرد بر اساس یک ساختار باز غیر متمرکز می‌باشد. در این ساختار عامل‌ها می‌توانند دو نقش مدیر و پیمانکار را بگیرند. بسیاری از مسائل همکاری بوسیله مکانیزم پیمانکاری متشکل از سه بخش می‌باشند: (۱) اعلان قرارداد توسط عامل مدیر (۲) واگذاری پیشنهادات توسط عامل‌های قراردادی در پاسخ به این اعلان (۳) ارزیابی پیشنهادات ارائه شده توسط پیمانکاری. پروتکل معروف قرارداد شبکه برای کنترل تولید و ارتباطات بکار می رود. هر کار به مدت زمانی جهت اجرا نیازمند است که با متغیر Time مشخص می‌شود. هر عامل چنانچه کار را به دست آورد، به میزانِ مدت زمانی که برای انجام آن کار لازم است، مشغول انجام آن کار می‌شود. این الگوریتم را همه عامل‌ها، به صورت همزمان انجام می‌دهند. هیچ عامل مرکزی برای مدیریت و محاسبه وجود ندارد. این الگوریتم برای محیط‌هایی که تعداد کمی عامل و تعداد کارهای زیادی دارند، به خوبی جوابگوست *(خالوزاده مبارکه، ۱۳۹۰)*. این الگوریتم می‌تواند در محیط پویا نیز به خوبی کار کند.

در کنار این دو مبحث اصلی، انواع مسائل تصمیم‌گیری در این محیط وجود دارد که به شرح زیر می‌باشد. در بخش مراحل اجرایی به هر کدام از روش‌های استفاده شده اشاره خواهد شد.

- هر عامل چگونه باید وظایف محول شده را به صورت بهینه برنامه‌ریزی کند؟
- هر عامل چگونه و تا چه حدی می‌تواند محیط خود را درک کند؟
- هر عامل چگونه باید در مورد انجام کاری تصمیم بگیرد و به عبارتی روال فکری عامل چه خواهد بود؟
- هر عامل چگونه باید مسیر خود را انتخاب کند که با کوتاهترین مسیر ممکن به مقصد خود برسد؟
- هر عامل با چه پروتکلی باید با سایر عامل‌ها ارتباط برقرار کند تا میزان ترافیک پیام‌ها به بهترین نحو کنترل شود؟
- هر عامل با چه ساختاری باید با سایر عامل‌های امدادگر همکاری کند؟
- هر عامل آزادساز به چه ترتیبی و در چه بازه‌ی زمانی باید به آزادسازی مصدومان بپردازد که میزان تلفات شهروندان کمینه شود؟

۵- ارزیابی سیستم

برای عامل‌ها کار صحیح،کاری است که موجب بیشترین موفقیت عامل شود؛ لذا باید بتوان به طریقی موفقیت عامل را اندازه‌گیری کرد. به علت ماهیت پیچیده پدیده‌هایی که توسط عامل‌ها مدل‌سازی می‌شوند، همواره اعتبارسنجی مدل‌های عامل مبنا از چالش‌های پیش روی محققین این عرصه بوده است *(عسگری مهرآبادی و همکاران،۱۳۹۲)*. یکی از

1- Rule-Based
2- If ... then
3- Contrac net- protocol

روش‌های اعتبارسنجی مدل‌های عامل مبنا تکرارهای متعدد مدل و تغییر در پارامترهای آن است.

اگر دنباله‌ای از فعالیت‌های عامل، که موجب تغییر حالت محیط می‌شود، مطلوب باشد، عامل به خوبی عمل کرده است. بدیهی است که برای تمام عامل‌ها معیار ثابتی وجود ندارد. این معیار معمولاً توسط طراح عامل مشخص می‌گردد. در سیستم‌های شبیه‌سازی امداد و نجات هدف نهایی کاهش تلفات جانی شهروندان می‌باشند. لذا، پس از پایان یک دوره از شبیه‌سازی، امتیاز سیستم با توجه به فاکتور تعداد شهروندان زنده محاسبه می‌شود.

٦- مراحل اجرایی و نتیجه

با توجه به ماهیت مکانی بسیاری از مسائل در مورد زلزله، سیستم اطلاعات مکانی (GIS) با ابزارها و فناوری‌های خاص خود از جمله پایگاه‌های داده و امکان تلفیق معیارها و اهداف گوناگون دارای مزایای قابل توجهی است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق همگی مکانی و یا مربوط به مکان هستند. عامل‌ها نیز در یک محیط مکانی به جستجوی فضای مطالعاتی می‌پردازند.

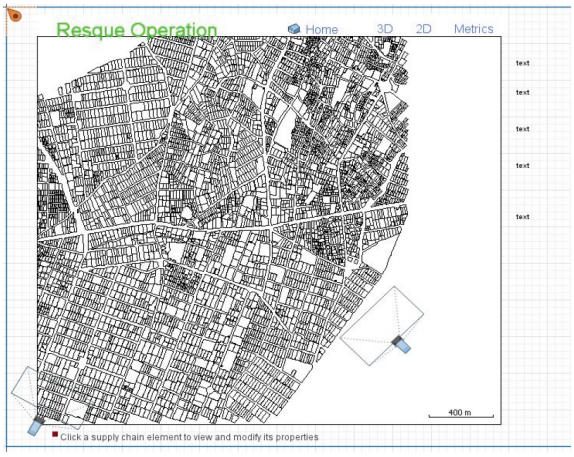
با این توصیف وبا عنایت به قابلیت‌های مناسبی که سامانه‌های اطلاعات مکانی (GIS) در ذخیره‌سازی، بهنگام‌رسانی، بازیابی، پردازش، تجزیه و تحلیل، یکپارچه‌سازی و نمایش انواع مختلفی از داده‌های مکان مرجع دارند، در این تحقیق استفاده از این سامانه جهت آماده‌سازی داده‌ها، ورود اطلاعات به نرم‌افزار و نیز تحلیل نتایج ضروری است. بنابراین، GIS بسترساز انجام این پژوهش به شمار می‌رود.

عوامل در این سیستم موجودیت‌های مستقلی هستند که دارای قدرت حرکت، ارزیابی محیط و بررسی وضعیت همسایگان خود می‌باشند. در پیاده‌سازی‌های فعلی می‌توان گفت هر عامل نقش یک تیم را بازی می‌کند؛ به این معنا که با توجه به قابلیت‌های در نظر گرفته شده، هر عامل را می‌توان معادل یک گروه در دنیایی واقعی تصور کرد. مثلاً یک عامل شهروند معادل یک خانواده است.

علت این امر جلوگیری از بزرگ شدن و بالا رفتن تعداد عامل‌ها و لذا پیچیده شدن محیط است. اجرای موفق سیستم‌های چند عاملی بطور عمده وابسته به در دسترس بودن تکنولوژی مناسب (یعنی زبان‌های برنامه‌نویسی، کتابخانه‌های نرم‌افزاری و ابزارهای تولید نرم‌افزار) جهت پیاده‌سازی مفاهیم مربوطه می‌باشد.

برنامه‌ها و نرم‌افزارهای عاملگرا که امکان طراحی عامل مبنا را به کاربران می‌دهند در واقع کلاس جدیدی از زبان‌های برنامه‌نویسی هستند که بر پیاده‌سازی خصوصیات اصلی سیستم‌های چند عاملی تمرکز دارند. بطور کمینه یک زبان برنامه‌نویسی عامل‌گرا باید شامل برخی ساختارهای متناظر با یک عامل باشد.

برای پیاده‌سازی این سیستم از نرم‌افزار Anylogic استفاده شده است که با اضافه شدن کلاس‌های دیگر به آن امکان استفاده از داده‌های GIS فراهم می‌گردد. محیط شبیه‌سازی شده در نرم افزار Anylogic در نگاره ۲ نشان داده شده است.



نگاره ۲: محیط شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار Anylogic

مراحل ایجاد سیستم شبیه‌سازی در این تحقیق به صورت زیر می‌باشد.

۱- وارد کردن لایه‌های داده‌ای ایجاد شده در محیط ArcGIS

و ایجاد پایگاه داده‌ی مربوطه در Anylogic (شامل اطلاعات مکانی و غیرمکانی).

در این مرحله سه Shape فایل وارد محیط Anylogic شدند: شهروندان مصدوم، تیم جست‌وجوگر، وتیم آزادساز.

۲- تعریف نحوه قرارگیری عامل‌های جستجوگر و آزادساز در محیط با استفاده از اطلاعات ذخیره شده در پایگاه داده.

در این مرحله با استفاده از اطلاعات ذخیره شده در مرحله قبل و با استفاده از ابزارهای Anylogic و برنامه‌نویسی جاوا عامل‌های جستجوگر و آزاساز ایجاد شدند. برای دسترسی و مدیریت اطلاعات از پایگاه داده‌ی Access و توابع SQL استفاده شد.

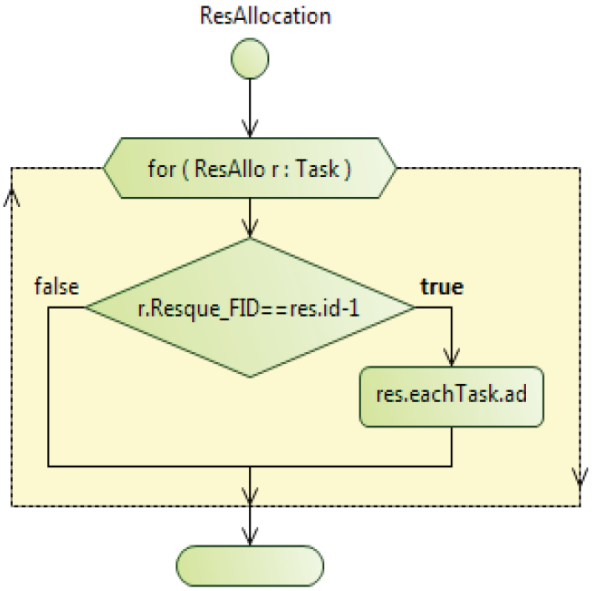
۳- مشخص کردن محدوده‌ی عملیاتی هر عامل (معادل هر تیم عملیاتی) در نرم‌افزار ArcGIS با استفاده از تحلیل‌های GIS، و وارد کردن آنها به عنوان داده‌ی توصیفی هر ساختمان.

٤- هر عامل جستجوگر با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان به ترتیب‌دهی وظایف خود می‌پردازد به گونه‌ای که تمامی فضای مطالعاتی را بررسی کرده و مسافت جستجوی خود را کمینه کند.

۵- بعد از مرحله فوق عامل جستجوگر، عملیات کاوش محیط را شروع می‌کند. عامل مربوطه کوتاه‌ترین مسیر را برای رسیدن به مقصد انتخاب می‌کند. بعد از رسیدن به مکان مورد نظر، متناسب با مساحت سازه بر روی آن توقف می‌کند (به ازای هر متربع ۰/۵ ثانیه)، و سپس به صورت تصادفی از بین مصدومین مورد نظر تعدادی را پیدا می‌کند.

بعد از یافتن اولین مصدوم با استفاده از قرارداد شبکه برای مصدوم پیدا شده به دنبال تیمی از عامل‌های آزادساز می‌گردد. لذا به تیم‌هایی که در محدوده‌ی عملیاتی هستند خبر می‌دهد و ٦ ثانیه منتظر پاسخ گروه‌های مربوطه می‌ماند. نحوه‌ی پیاده‌سازی عملکرد عامل‌های جستجوگر در نرم‌افزار Anylogic در نگاره ۳ نمایش داده شده است.

٦- تیم‌هایی که در وضعیت آماده‌ی عملیات می‌باشند، برای عامل مربوطه پیام فرستاده و براساس آنالیز تقریب‌سنجی و محاسبه‌ی فاصله‌ی خود با عامل مربوطه بیدگذاری می‌کنند، در پیام ارسال شده شناسه‌ی عامل آزادساز و مسافتش فرستاده می‌شود.



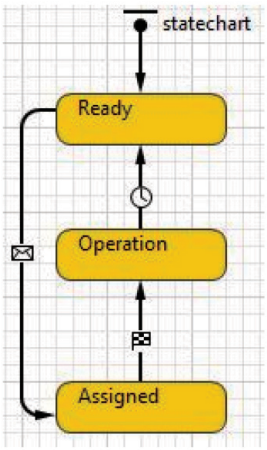
نگاره ۳ : شرط استفاده شده جهت انتخاب عامل آزادساز

۷- در این مرحله عامل جستجوگر براساس منطق قانون مبنا[1] خود و متناسب با فاصله‌ی هر عامل آزاد ساز، تیم منتخب را مشخص کرده و کار آزادسازی را در قالب یک پیام به گروه مربوطه محول[2] می‌کند. در نگاره ۳ مراحل انتخاب عامل آزادساز با منطق عامل‌های جستجوگر نشان داده شده است، که در آن عامل با فاصله نزدیکتر انتخاب می‌گردد.

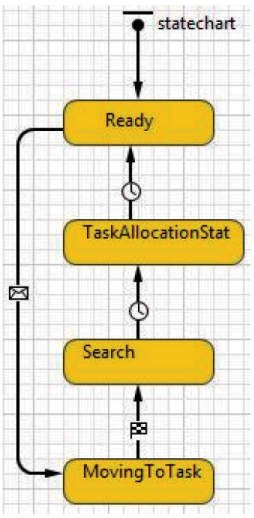
۸- گروه آزادساز نیز وضعیت خود را به حالت انجام وظیفه تغییر داده و به آزادسازی می‌پردازد (در مکان مورد نظر توقف می‌کند) و پس از انجام کار وضعیت خود را به حالت آماده تغییر می‌دهد.

در این مرحله عامل آزادساز شناسه (ID) ساختمان و مسافتی که قرار است طی کند و میزان مصدومیت شهروند را وارد پایگاه داده می‌کند. نحوه‌ی پیاده‌سازی عملکرد عامل‌های آزادساز در نگاره ٤ نمایش داده شده است.

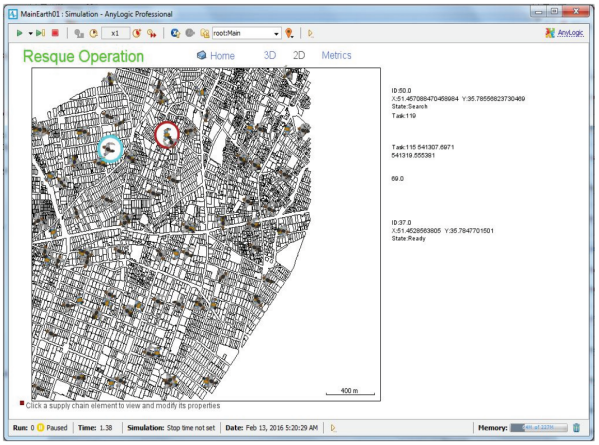
1- Rule-Based
2- Award



نگاره ٤: نمایشی از نحوه‌ی عملکرد عامل جست‌وجوگر



نگاره ٥: نمایشی از نحوه‌ی عملکرد عامل آزادساز



نگاره ٦: محیط نمایشی شبیه‌سازی شده

در محیط شبیه‌ساز کاربران با کلیک بر روی هر عامل می‌توانند موقعیت و وظایف عامل مربوطه را مشاهده کنند. در این مطالعه، مصدومان در مرکز ثقل ساختمان‌ها قرار داده شده‌اند. مجروحان در خانه از هم جدا نشده‌اند یعنی واحد آنها خانه مبنا[1] می‌باشد. همچنین فرض می‌شود که گروه‌های جستجو و آزادساز بر روی خط مرکزی جاده حرکت می‌کنند و از الگوریتم دایجسترا برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر استفاده می‌شود. نگاره ٥ اطلاعات مربوط به عامل جستجوگر با شناسه‌ی ٥٠ و عامل آزادساز با شناسه‌ی ٣٧ را نشان می‌دهد.

۷- بحث و نتیجه‌گیری

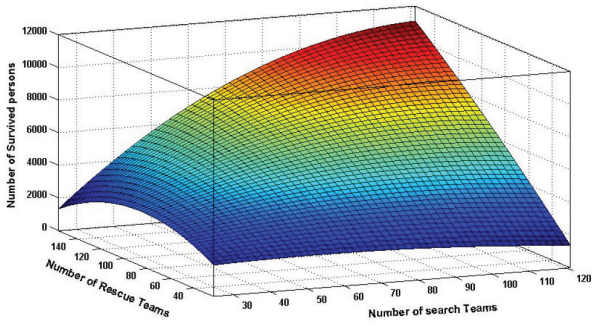
مدل‌های محیطی ساده شده، فرضیات و خلاصه‌سازی‌هایی در مورد فرآیندها در محیط‌های واقعی دارند.

اینگونه ساده‌سازی‌ها جهت بررسی رفتارها، تعاملات و بازخوردها الزامی به نظر می‌رسد. سیستم‌های چند عاملی در کاربردهایی مفید هستند که پیچیدگی فضای مطالعاتی مانع از درک کامل از مسأله می‌شود. این فناوری موجب مطالعه‌ی فرآیندهای محیطی و ارائه‌ی رویکردی برای سیستم‌های پیچیده شبیه‌سازی در حوزه‌های مختلف از جمله شبیه‌سازی عملیات بعد از زلزله شده است، که امکان شبیه‌سازی دقیق را ممکن می‌کند.

شبیه‌سازی عملیات امداد و نجات زلزله می‌تواند جهت پیش‌بینی عملکرد و نحوه‌ی مدیریت گروه‌های کاری استفاده شود؛ لذا می‌تواند در تحلیل‌های مختلفی در حوزه‌هایی نظیر تصمیم‌گیری، پیش‌بینی، تشخیص عیب، برنامه‌ریزی، کنترل کیفیت، پشتیبان تصمیم، محاسبات توزیع شده و بازیابی اطلاعات در عملیات امداد و نجات نقش مهمی ایفا کند. در این تحقیق بعد از پیاده‌سازی سیستم شبیه‌ساز، به بررسی تعداد شهروندان نجات داده شده با توجه به تعداد عامل‌های جست‌وجوگر و عامل‌های آزادساز پرداخته شد. بدین منظور شبیه‌ساز ایجاد شده به ازای مقادیر مختلف از تعداد عامل‌های جست‌وجوگر و عامل‌های آزادساز اجرا و درنهایت به تعداد افراد نجات یافته سطحی برازش داده شد. نگاره ٦ نتایج حاصل را نشان می‌دهد. در این نگاره یکی از محورهای افقی تعداد عامل‌های جستجوگر و محور افقی دیگر تعداد عامل‌های آزادساز می‌باشد. محور عمودی

1- Home- Wise

تعداد افراد نجات یافته را نشان می‌دهد. بدیهی است که با افزایش تعداد عامل‌های جستجوگر و عامل‌های آزادساز تعداد نفرات نجات داده شده افزایش خواهد یافت، نکته اصلی حاصل از این نگاره توجه به حداقل تعداد نفرات و پیش‌بینی نتایج حاصل خواهد بود. برای مثال اگر ۸۰ نفر در قالب گروه جستجوگر و ۱۰۰ نفر در قالب گروه آزادساز قرار گیرند، در محدوده مطالعاتی مورد نظر تعداد افراد نجات یافته ٦۰۰۰ نفر خواهد شد. به طورکلی این نگاره می‌تواند در یافتن تعداد افراد مورد نیاز در عملیات امداد و نجات در بخش‌های مختلف شهری و برقراری تعادل بین تعداد نفرات در قسمت‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد.



نگاره ۷: منحنی مربوط به رابطه‌ی تعداد افراد نجات یافته نسبت به تعداد عامل‌های جستجوگر و عامل‌های آزادساز

۸- جمع‌بندی

در این مطالعه مدل شبیه‌سازی مکانی برای شبیه‌سازی عملیات امداد و نجات بعد از زلزله و مدلسازی فرآیندها و تعاملات مربوطه به گروه‌های جستجو و آزادساز گسترش داده شد. این سیستم ابزاری کاربر- کنترل، برای بررسی تعاملات بین گروه‌های جست‌وجو و آزادساز مهیا نمود.

با نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان در حین زلزله و یا با شبیه‌سازی شرایط زلزله می‌توان تصمیمات لازم جهت مواجه شدن با بحران را اتخاذ کرد. در این بررسی مشاهده شد که در حل مسأله‌ی هماهنگ‌سازی سیستم‌های چندعاملی، استفاده از قرارداد شبکه به عنوان ابزارهماهنگی، سبب بهبود رفتار سیستم شده و نتایج قابل توجهی در زمینه‌ی ایجاد هماهنگی میان عوامل یک سیستم چندعاملی کسب شد.اگرچه مدیریت عملیات بعد از زلزله امری پیچیده و پیش‌بینی آن دشواراست، ولی نتایج این تحقیق نشان داد که با انتخاب صحیح مهمترین عوامل تأثیرگذار و استفاده از مدلی که دارای قابلیت انطباق بالایی با شرایط باشد، می‌توان تا حدود زیادی نحوه‌ی مدیریت و هماهنگی آتی را پیش‌بینی کرده و در جهت مدیریت و هدایت بهتر آنها گام برداشت. همچنین این تحقیق نشان داد که مدل عامل-مبنا به عنوان یک مدل پایین به بالا قادر است به خوبی بسیاری از رفتارهای گروه‌های مختلف انسانی را شبیه‌سازی نموده و با اخذ نتایج برآیند، روند کلی پدیده‌های اجتماعی نظیر همیاری در عملیات امداد و نجات را نشان دهد. علاوه بر آن،GIS به عنوان بستری مناسب برای آماده‌سازی محیط عامل‌ها، مدل‌سازی رفتار آنها و تحلیل نتایج به دست آمده از فعالیت آنها، قابلیت‌های خود را اثبات نمود. مدل ایجاد شده در این پژوهش، با توجه به دارابودن پارامترهای متعدد و مؤثر برای وفق یافتن بامحیط، انعطاف‌پذیر بوده، و نظر به کسب نتایج مطلوب توسط آن، قابلیت استفاده در سایر مناطق را دارد.

منابع و مآخذ

۱. آقامحمدی، مسگری، نورجو؛ حسین، محمدسعدی، رضا، (۱۳۸٤)،مدلسازی مکانی برای کاهش خسارت‌های بحران زلزله در ایران، همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی ۸٤ تهران.

۲. بهرامیان، خادمی؛ فاطمه، مریم، (۱۳۹۲)،سیستم‌های داده کاوی توزیع شده چند عامله، اولین همایش ملی کاربرد سیستم‌های هوشمند (محاسبات نرم) در علوم و صنایع، قوچان - دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان.

۳. جباری، عشری، میبدی؛ زهرا، مهدی، محمدرضا، (۱۳۸٦)، هماهنگ‌سازی سیستم‌های چند عامله با استفاده از اتوماتاهای یادگیر و کاربرد آن در خوشه‌بندی داده، سیزدهمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران، کیش،

انجمن کامپیوتر ایران و دانشگاه صنعتی شریف.
٤. حسینعلی، آل‌شیخ، نوریان؛ فرهاد، علی‌اصغر، فرشاد، (۱۳۹۱)، توسعه مدلی عامل-مبنا برای شبیه‌سازی گسترش کاربری اراضی شهری (مطالعه موردی: قزوین)، فصلنامه مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال ٤، شماره ١٤، صص ۱-۲۲.
۵. خالوزاده مبارکه، خالوزاده مبارکه؛ لیلا، مرضیه، (۱۳۹۰)، ارائه یک الگوریتم تخصیص کار جدید جهت کاهش ارتباطات بین عامل‌ها در سیستم‌های چند عاملی، اولین کنفرانس ملی دانش پژوهان کامپیوتر و فناوری اطلاعات، تبریز - دانشگاه تبریز.
٦. خجسته، میبدی؛ محمدرضا، محمدرضا، (۱۳۸۲)، ارزیابی اتوماتاهای یادگیر در همکاری بین عامل‌ها در یک سیستم چند عامله پیچیده، پنجمین کنفرانس سراسری سیستم‌های هوشمند، مشهد - دانشگاه فردوسی مشهد.
۷. شریفی سده، مهراب، (۱۳۹۱)، تیم سازی و کار تیمی در عملیات امداد و نجات، مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی هلال ایران.
۸. شهبازی، آقایی، موحدی؛ حامد، ناصر، مصطفی، (۱۳۹۰)، عامل‌های هوشمند در شبیه سازی امداد و نجات.
۹. صبامنیری، معصومی، میبدی؛ سعید، بهروز، محمدرضا، (۱۳۸۸)،ارائه روشی نوین در سیستم‌های چند عامله با استفاده از استنتاج مبتنی برمورد همکارانه برای تخصیص منابع، پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، تهران - انجمن کامپیوتر، مرکز توسعه فناوری نیرو.
۱۰. صداقت، محمد (۱۳۹۱)، کاربرد سیستم‌های هوشمند در عملیات امداد، چشم‌اندازها و چالش‌ها، مجموعه مقالات ششمین همایش دانشجویی مهندسی کامپیوتر.
۱۱. عسگری مهرآبادی، مسگری، علی محمدی، خطیبی؛ محمدحسین، محمدسعدی، عباس، صنم، (۱۳۹۲)، توسعه یک مدل پویای عامل مبنا جهت ایجاد اولویت کاربری برای هرقطعه زمین، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، تبریز - دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز.
۱۲. قربانی، معصومی؛ امیرعباس، بهروز، (۱۳۹۰)،ارایه مدلی ترکیبی برای ایجاد هماهنگی در سیستم‌های چند عامله با استفاده از بازی اقلیت و یادگیریQ، پنجمین کنفرانس داده کاوی ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۳. وفائی‌نژاد، علیرضا، (۱۳۸۸)، مدلسازی و برنامه‌ریزی مکانی- زمانی گروه‌های کاری در GIS فعالیت مبنا (پایان-نامه دکتری)، همراه، مجید و آل‌شیخ، علی اصغر، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، گروه سیستم اطلاعات مکانی.
14. Anh, N. T. N., Zucker, J. D., Du, N. H., &Drogoul, A., (2012),Hybrid equation-based and agent-based modeling of crowd evacuation on road network, Proc. ICCS, 456-466.
15. Crooks, A. T., & Wise, S., (2013), GIS and agent-based models for humanitarian assistance,Computers, Environment and Urban Systems, 41, 100-111.
16. Edrissi, A., Poorzahedy, H., Nassiri, H., & Nourinejad, M., (2013), A multi-agent optimization formulation of earthquake disaster prevention and management,European Journal of Operational Research, 229(1), 261-275.
17. Erick, M., Anawat, S., Fumihiko, I., & Shunichi, K., (2012), Agent-based Simulation of the 2011 Great East Japan Earthquake/Tsunami Evacuation: An Integrated Model of Tsunami Inundation and Evacuation,Journal of Natural Disaster Science, 34(1), 41-57.
18. Fecht, D., Beale, L., & Briggs, D., (2014), A GIS-based urban simulation model for environmental health analysis,Environmental Modelling & Software, 58, 1-11.
19. Qiu, F., Li, B., Chastain, B., & Alfarhan, M., (2008), A GIS based spatially explicit model of dispersal agent behavior,Forest Ecology and Management, 254(3), 524-537.
20. Uno, K., & Kashiyama, K., (2008), Development of Simulation System for the Disaster Evacuation Based on Multi-Agent Model Using GIS,Tsinghua Science & Technology, 13, Supplement 1, 348-353.
21. Welch, M. C., Kwan, P. W., & Sajeev, A. S. M., (2014), Applying GIS and high performance agent-based simulation for managing an Old World Screwworm fly invasion of Australia,Acta Tropica, 138, Supplement, S82-S93.