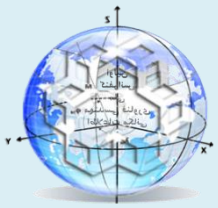
اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴



The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

مدل‌سازی مدیریت حوادث اورژانسی با استفاده از مدل‌سازی مبتنی بر عامل

مریم برزگر[1*]، ابوالقاسم صادقی نیارکی[2]، مریم شاکری[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی دانشکده مهندسی نقشه‌برداری (ژئوماتیک) دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- عضو هیئت علمی و استادیار گروه سیستم اطلاعات مکانی، قطب علمی فناوری اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری (ژئوماتیک) دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳- کارشناس ارشد سیستم اطلاعات مکانی دانشکده مهندسی نقشه‌برداری (ژئوماتیک) دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

سازمان‌های مربوط به پاسخ اورژانسی، با حوادث غیر قابل پیش‌بینی و پیچیده‌ای که خسارت‌های فاجعه‌باری به همراه دارند، مواجه هستند. مدیران اورژانس باید برنامه‌هایی را برای واکنش و پاسخ‌دهی به حوادث توسعه دهند. این امر نیازمند سازماندهی چندین سازمان مختلف می‌باشد. برای کمک به سازمان‌های پاسخ اورژانسی در چنین حوادثی، باید مدل‌های جدیدی توسعه داده شوند و ساختار کنترلی و فرماندهی سنتی تغییر کند تا تیم‌های اورژانسی انعطاف‌پذیری و کارایی بیشتری را در مواجهه با حوادث داشته باشند. مدل‌ها می‌توانند برای تست فرضیات و تخمین تأثیر سیاست‌ها و سطح منابع استفاده شوند. به دلیل خود مختار بودن پاسخ‌دهندگان و تغییر سریع اطلاعات در طول یک حادثه، مدل‌های مبتنی بر عامل می‌توانند برای بررسی استراتژی‌ها و سیاست‌های مختلف مناسب باشند. هدف از این مقاله، ارائه یک مدل مبتنی بر عامل برای مدل‌سازی مدیریت حوادث اورژانسی بر مبنای سیستم اطلاعات مکانی است. بدین منظور، سه نوع عامل مختلف برای مدل کردن هستنده‌های موجود در سیستم تعریف شده است. برای افزایش کارایی سیستم و استفاده از داده-های آنی و به روز رسانی سیستم به طور مکرر، این مدل توسط داده‌های تلفن همراه به هنگام می‌شود و مدل کلی از سه زیر مدل تشکیل می‌شود که یک حادثه را قبل از وقوع (پیش‌بینی حادثه)، در زمان حادثه و پس از اتمام حادثه مدل می‌کنند. این مدل به برنامه‌ریزان مدیریت بحران کمک می‌کند که حوادث مختلف را شناسایی کنند و واکنش‌های مختلف نسبت به حوادث را مدل کنند و تصمیم‌گیری مناسبی را در جهت تخصیص منابع و مدیریت بحران انجام دهند.

واژه‌های کلیدی : سیستم پیچیده، مدل‌سازی عامل مبنا، حوادث اورژانسی

نویسنده مکاتبه کننده : مریم برزگر
آدرس پستی : تهران، خیابان ولیعصر، تقاطع میرداماد غربی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری (ژئوماتیک) دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، کد پستی: ۱۹۹۶۷-۱۵۴۳۳
تلفن : ۰۹۳۵۶۱۰۸۳۶۸
آدرس پست الکترونیک : Maryambarzegar119@yahoo.com

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر مطالعه سیستم‌های پیچیده تمرکز اصلی تحقیقات میان رشته‌ای در علوم اجتماعی و طبیعی است. این مطالعات به بررسی چگونگی تأثیر روابط بین بخش‌های یک سیستم بر رفتار اجزاء سیستم و تأثیر تعاملات موجود در یک سیستم بر روابط سیستم با محیط اطرافش می‌پردازند. اولین تحقیقات انجام شده در زمینه سیستم‌های پیچیده مدرن را می‌توان در اقتصاد سیاسی کلاسیک جنبش روشن فکری اسکاتلند در قرن ۱۸ام یافت که بعدها توسط مکتب اقتصادی اتریشی توسعه داده شد. این مطالعات بیان می‌کنند که نظم در سیستم‌های بازار خود به خودی (ناگهانی) است و نتیجه اجرای هیچ طراحی انسانی نیست بلکه نتیجه فعالیت‌های انسانی است. بعدها محققین بسیار دیگری به بررسی این سیستم‌ها در زمینه روانشناسی، زیست‌شناسی، روباتیک و ... پرداختند [۱و۲].

ساختارهای مبتنی بر عامل محیط مناسبی برای آزمودن فرضیه‌های پیچیده، مدلسازی و شبیه‌سازی طرح‌های پویای اطلاعاتی می‌باشند. طراحی‌ها و روش‌های مبتنی بر عامل الگوهای جدیدی را در زمینه تحقیقات علوم کامپیوتری و هوش مصنوعی ایجاد کرده‌اند. در سال‌های اخیر، تکنولوژی عامل در بسیاری از حوزه‌ها مانند تجارت الکترونیک، سیستم‌های کنترل و جمع‌آوری و مدیریت اطلاعات استفاده شده است. به طور کلی، مدلسازی مبتنی بر عامل یک روش محاسباتی است که محقق را قادر به ایجاد، تحلیل و ارزیابی مدل‌هایی می‌کند که از عامل‌هایی که در یک محیط در تعامل‌اند، تشکیل شده‌اند. مدلسازی مبتنی بر عامل هستنده‌های دنیای واقعی را به صورت عامل‌های کامپیوتری مستقل اخذ می‌کند که این عامل‌ها دارای رفتارهایی هستند که اغلب توسط قوانین ساده و تعاملات با دیگر عامل‌هایی که تحت تأثیر رفتار یکدیگر هستند، توصیف می‌شوند [۳]. این مدل‌ها در شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده به سه دلیل نسبت به دیگر مدل‌ها برتری دارند: اول، این مدل‌ها قادر به اخذ سیستم‌های تکنیکی- اجتماعی که پدیده را به شیوه پایین- بالا ایجاد می‌کنند، هستند [۴، ۵ و ۶] و شبیه‌سازی بر اساس واحدهای ارزیابی سطح میکرو و قوانین و تعاملات رفتاری آن‌ها صورت می‌گیرد. دوم، این مدل‌ها در طراحی بسیار انعطاف‌پذیرند زیرا قوانین تعیین شده تنها در هنگام استفاده از زبان برنامه‌نویسی دچار محدودیت می‌شوند. این انعطاف‌پذیری امکان تلفیق انواع مدل‌های تحلیلی و مبتنی بر قوانین را فراهم می‌کند[۷]. سوم، این مدل‌ها در شرایطی که هستنده‌های مدل سازگار، ناهمگن و یا به طور محلی در تعامل باشند نسبت به مدل‌های دیگر بهتر عمل می‌کنند [۸].

از مدلسازی مبتنی بر عامل می‌توان برای پشتیبانی و مدیریت بسیاری از فرآیندها در طول یک حادثه نیز استفاده کرد. سیستم‌های پاسخ اورژانسی و سیستم‌های مدیریت حوادث، چارچوبی را برای پاسخ و واکنش کارآمد و مناسب نسبت به حوادث فراهم می‌کنند. این سیستم‌ها دارای ویژگی‌های زیر هستند:

۱) استانداردسازی ساختار سازماندهی و فرآیندهای ضروری یک مؤلفه اصلی در این سیستم‌ها می‌باشد و واکنش‌های انعطاف‌پذیر و سازگار در اورژانس‌های واقعی مهم هستند و اثرات کاهشی قابل توجهی بر عواقب منفی حوادث دارند؛ ۲) اثرات منفی واکنش‌های طبیعی، انعطاف‌پذیر و سازگار گاهی در هماهنگی‌های درون سازمانی و برون سازمانی تشدید می‌شوند و منجر به ابهام و پیچیدگی می‌گردند؛ ۳) مانیتور کردن حالت فعلی سیستم در هر فعالیت روزانه سخت است زیرا این سیستم تنها در اورژانس‌های واقعی فعال می‌شود؛ ۴) در حال حاضر، هیچ متدولوژی یا معیار بنیادی برای ارزیابی این سیستم وجود ندارد که باعث می‌شود بهسازی آن مشکل باشد [۹].

پژوهشگران متعددی از مدلسازی مبتنی بر عامل برای شبیه‌سازی مدیریت حوادث اورژانسی استفاده کرده‌اند. برای مثال در پژوهشی از شبیه‌سازی مبتنی بر عامل به منظور برنامه‌ریزی برای اختصاص منابع به دو مکان حادثه فرضی به صورت اورژانسی استفاده کرده‌اند. در این تحقیق ماشین‌های آتش‌نشانی و آمبولانس‌ها به عنوان عامل در نظر گرفته شده‌اند و بر اساس آن‌ها، استراتژی‌های مختلفی برای اختصاص منابع به مکان‌های حادثه در نظر گرفته شده است [۱۰]. علاوه‌براین، در پژوهشی دیگر نیز پاسخ پزشکی اورژانسی را برای حوادث بزرگ با استفاده از مدلسازی مبتنی بر

عامل مدل و از داده‌های سیستم اطلاعات مکانی مربوط به آمبولانس‌ها، تکنسین‌های پزشکی اورژانس و بیمارستان‌ها برای تعریف عامل‌های مختلف استفاده شده است [۱۱]. شونهارل[1] و همکارانش نیز از شبیه‌سازی مبتنی بر عامل برای واکنش اورژانسی و مدیریت بحران استفاده کرده‌اند که در این مقاله قسمت شبیه‌سازی سیستم وایپر مورد بررسی قرار گرفته است و رفتار و حرکت افراد استفاده کننده از تلفن همراه توسط مدل‌های فعالیت و حرکت تعریف شده است [۱۲].. حقانی و همکارانش نیز یک مدل شبیه‌سازی برای اعزام و مسیریابی وسایل نقلیه اورژانسی به صورت آنی ارائه داده‌اند و استراتژی‌های پاسخ‌گویی مختلفی را با استفاده از این شبیه‌سازی ارزیابی کرده‌اند [۱۳]. ژو[2] و همکارانش از عامل‌های هوشمند برای پشتیبانی تیم‌های تصمیم‌گیری اورژانس پزشکی استفاده کرده‌اند و معماری R-CAST-MED را ارائه داده‌اند که یک معماری هوشمند عامل بر اساس تصمیم‌گیری شناختی اولیه (RPD[3]) و مدل‌های ذهنی اشتراکی (SMM[4]) می‌باشد [۱۴]. ماساگوار[5] و همکارانش یک مدل شبیه‌سازی چند عاملی از واکنش به حوادث را ارائه کرده‌اند که برای این کار از دریلسیم[6] که یک محیط شبیه‌سازی برای تست راه حل‌های IT است، استفاده شده است [۱۵].

در این مقاله ابتدا مفاهیم سیستم‌های پیچیده، فضا، زمان، شیء جغرافیایی و عامل که مفاهیم مورد نیاز برای مدلسازی مبتنی بر عامل هستند، بیان می‌گردند. در انتها بر اساس این مفاهیم مدلی برای حوادث اورژانسی با استفاده از داده-های سیستم اطلاعات مکانی ارائه می‌شود که برای افزایش کارآیی، می‌توان این مدلسازی را با داده پویا تلفن همراه ترکیب کرد. در این مدل‌سازی که توسعه یافته سیستم WIPER[7] (سیستم پاسخ اورژانسی مبتنی بر تلفن بی‌سیم) [۱۶] است، علاوه بر پیش‌بینی حادثه، فعالیت‌های اورژانسی مربوط به زمان حادثه و پس از اتمام حادثه نیز مدل می-شوند.

۲- سیستم‌های پیچیده

پیچیدگی با فرآیندها، پدیده‌ها، عوارض و در یک کلمه «سیستم‌هایی» سروکار دارد که توسط مجموعه‌ای از ویژگی‌های مرتبط با سیستم که متفاوت با ویژگی‌های رفتاری بخش‌های سازنده آن هستند، مشخص می‌شود. روابط بین بخش-های مختلف یک سیستم گاهی به صورت ناقص است اما با همین روابط، سیستم‌ها خود را از طریق فرآیند «خود-سازماندهی» به صورت الگوها سازماندهی می‌کنند [۱۷]. به عبارت دیگر، پیچیدگی با سیستم‌هایی مرتبط است که ساختارشان ناگهانی[8] است. این ویژگی سیستم‌هایی مانند شهرها، اقتصادها و اکولوژی‌هاست. همه این سیستم‌ها ساختارشان را از یک مجموعه از قوانین و ساختار توسط تولید عناصر جدید، تکامل می‌دهند [۱۸]. همان طور که توسط بتی[9] و ون برتالانفی[10] اشاره شده است، یکی از ویژگی‌های سیستم‌های پیچیده این است که «کل بیشتر از جمع قسمت‌های آن است» [۱۸و ۱۹]. برای مثال در شهرها، مجموع بخش‌ها، مرتبط با مورفولوژی شهری است در حالی که کل، توسط پویایی الگوهای شهری ارائه می‌شود. این تئوری بیان‌گر این حقیقت است که تئوری مجموعه برای تعریف مفهوم سیستم کافی نیست. هم‌چنین فقدان مفهوم اساسی از تعامل را بین بخش‌های مختلف نشان می‌دهد .سیستم‌های پیچیده در طبیعت تکرار می‌شوند و فرآیندهای ساده ساختارهای پیچیده تولید می‌کنند. غیرخطی بودن و تکرارپذیری کلیدهای اصلی توسعه ساختارهای پیچیده‌ای مانند مغز انسان هستند [۲۰].

[1] Schoenharl
[2] Zhu
[3] Recognition-Primed Decision-making
[4] Shared Mental Model
[5] Massaguer
[6] Drillsim
[7] Wireless phone based emergency response system
[8] emergent
[9] Batty
[10] von Bertalanffy

برای مثال درمورد مسئله پاسخ اورژانسی به حوادثی مانند آتش‌سوزی، یک قانون کلی وجود دارد و آن این است که هر چه نسبت افراد حادثه دیده در یک مکان حادثه بیشتر باشد، نسبت منابعی که باید به آن مکان اختصاص داده شود بیشتر است. با توجه به این قانون کلی، مسئله بسیار آسان به نظر می‌رسد اما پیچیدگی این مسئله زمانی آشکار می‌شود که این حقیقت را در نظر بگیریم که با گذشت زمان، نسبت افراد حادثه دیده در هر مکان نسبت به مکان دیگر تغییر می‌کند و در هر لحظه یکی از این مکان‌ها اولویت بیشتری برای دریافت سریع‌تر منابع را دارند.

۳- فضا

در جغرافیا فضا توسط زمین نشان داده می‌شود و پیوستگی که اجازه استفاده از ابزار ریاضی مانند فضای ریمن را می‌دهد، ندارد. اغلب مشاهده می‌شود که حتی متریک‌های اقلیدسی نیز خیلی محدود هستند. می‌توان ویژگی‌های فضا را به منظور تنها حفظ مفهوم همسایگی یک فضا، به عنوان مفهوم ساختاری فضا، تضعیف کرد و به مفهوم توپولوژیکی فضا رسید. گروهی از همسایگی‌های نقاط در یک فضای خاص را توپولوژی فضا می‌نامند. در واقع، توپولوژی مجموعه‌ای از اشیاء جغرافیایی، ساختاری است که اجازه سازمان‌دهی ارتباطات نزدیکی و همسایگی بین اشیاء را می‌دهد. *فضای توپولوژیکی* را می‌توان به صورت گروه E که با یک خانواده از بخش‌ها به نام همسایگی‌های x که ویژگی‌های اولیه زیر را بررسی می‌کنند، توصیف کرد: هر همسایگی x شامل x است؛ هر زیر مجموعه‌ای از E که شامل یک همسایگی x است، همسایگی x است؛ تقاطع تعداد متناهی از همسایگی‌های x همسایگی x است، برای هر همسایگی v از x، همسایگی w از x مانند v وجود دارد که همسایگی از هر نقطه w است. مفهوم فضای توپولوژیکی نسبت به همه انواع فضاها (اقلیدسی، متریک، استاندارد شده، ریمنی و ...) محدودیت کمتری دارد پس شامل همه آن‌هاست [۲۱]. شکل (۱) فضاهای مختلف را به عنوان زیر مجموعه‌ای از فضای توپولوژیکی نشان می‌دهد.

شکل۱: همبستگی مفاهیم فضا [۲۲]

می‌توان واقعیت را از طریق حد فاصلی از حوزه جغرافیایی D، به صورت شبکه‌های منظم (با شکل و سطح مشابه مانند مثلث متساوی‌الاضلاع، مربع و شش ضلعی)، درآورد. حوزه جغرافیایی توسط مجموعه $E = \{x_1, x_2, \ldots x_n\}$ از مکان‌ها و شبکه‌ها که حوزه مکانی مورد مطالعه D را تقسیم‌بندی می‌کند، مدل می‌شود که در رابطه (۱) نشان داده شده است.

$$D = \bigcup_{i=1,\ldots,n} x_i \;\; and \;\; \forall i,j \in \{1,\ldots,n\}, (i \neq j) \Rightarrow (x_i \cap x_j) = \emptyset \qquad (۱)$$

اگر کاربری زمین حوزه D بررسی شود، باید یک مجموعه $S = \{s_1, s_2, \ldots s_k\}$ از مقادیر جامع ممکن برای کاربری زمین حوزه D که شامل مقادیری از قبیل «مسکن اشتراکی»، «مسکن فردی»، «صنعتی»، «کشاورزی»، «جنگل» و ... است، تعریف شود [۲۲].

۴- زمان

زمان یک سازماندهی از پیش تعیین شده است که توسط یک چهارچوب مرجع زمانی که در آن همه هستنده‌های پویا متناسب با یکدیگر هستند، ساختاردهی شده است. این چهارچوب مرجع توسط یک مبدأ، یک واحد زمان، یک گام ابتدایی از زمان و یک مدت زمان ماکزیمم تعریف می‌شود [۲۳]. در واقع از دیدگاهی دیگر، زمان یک کل است که توسط مجموعه‌ای از اعداد حقیقی فرموله می‌شود. بنابراین یک زنجیره را بیان می‌کند: بین دو لحظه متمایز مانند $t_1 < t_2$ ، همیشه یک زمان میانی t به صورت $t_1 < t < t_2$ یافت می‌شود. علاوه‌براین جهتی نیز دارد (پیکان زمان): اگر t لحظه حال باشد، نوشتن $t_1 < t < t_2$ به این معناست که t_1 گذشته و t_2 آینده است. زمان را می‌توان به صورت ریاضی فرموله کرد. برای مثال می‌توان پایه زمانی B_T را تعریف کرد که برای شبیه‌سازی زمان یک پدیده استفاده می‌شود. اگر پدیده پیوسته باشد، مدل ریاضی پدیده می‌تواند از کل بازه حقیقی T استفاده کند و تابع پیوسته $f: T \rightarrow V$ را ایجاد کند، مانند تخلیه یک رودخانه به صورت تابعی از زمان. برای ساخت نسخه کامپیوتری این مدل، باید از نمایش گسسته‌ای از T استفاده کرد. گام پایه زمانی (Δt) را می‌توان به صورت $\Delta t \geq dt$ در نظر گرفت و پایه زمانی را به صورت رابطه (۲) فرموله کرد.

$$B_T = \{t_k \in T / \ t_k = t_{min} + k.\Delta t, k \in \{0,1,\dots,K\}\} \qquad (۲)$$

K بزرگترین عدد صحیح کمتر مساوی $T/\Delta t$ است. پایه زمانی، گسسته‌سازی از بازه زمانی T است و امکان به دست آوردن سری متناهی $t_1,\dots,t_k,\dots,t_K$ را از لحظات شبیه‌سازی متوالی پدیده ایجاد می‌کند [۲۲].

۵- شیء جغرافیایی

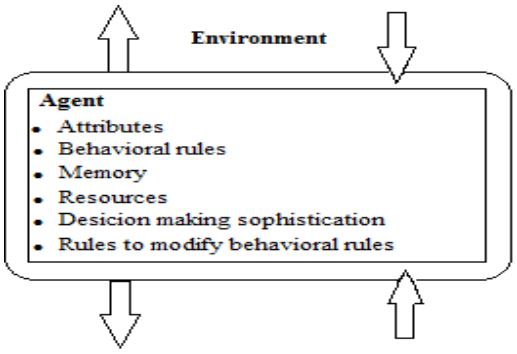
یک شیء جغرافیایی یک شیء در فضاست که توسط مرزها و ویژگی‌هایی مانند نام و نوع که به خوبی تعریف شده‌اند، مشخص می‌شود [۲۴]. یک شیء جغرافیایی تنها در فضا قرار نگرفته بلکه ذاتاً به این فضا مرتبط است، زیرا به ناچار ساختار و هندسه و ویژگی‌های توپولوژیکی آن را به ارث می‌برد [۲۵]. یک شیء جغرافیایی توسط مجموعه‌ای از داده-های مکانی خلاصه می‌شود. این داده‌های مکانی شامل اطلاعات هندسی و اطلاعات موضوعی هستند. داده‌های هندسی موقعیت و شکل هستنده جغرافیایی را که درون یک سیستم مختصات مرجع قرار دارد، توصیف می‌کنند. داده‌های موضوعی ویژگی‌های یک هستنده جغرافیایی را به استثنای شکل و موقعیت آن توصیف می‌کنند [۲۶]. یافتن یک تعریف استاندارد از شیء جغرافیایی با توجه به تنوع و پیچیدگی هستنده‌های جغرافیایی که در محیط وجود دارند، مشکل است. برای مثال، مفهوم شیء جغرافیایی از دیدگاه یک گروه تحقیقاتی زمین شناسی، مشابه با یک سرویس حفاظت از زمین نیست. بنابراین برای هر رشته و هر زمینه‌ای، تعریف خاصی از شیء جغرافیایی وجود دارد که شامل ویژگی‌های خاص مرتبط با آن رشته است. هر تعریف باید براساس یک سیستم مرجع خاص باشد، زیرا تعریف شیء مکانی ممکن است با تغییر سطح جزئیات حتی در یک رشته مشابه نیز تغییر کند. سطح جزئیات در این جا مشابه با مفهوم مقیاس در نقشه کاغذی است.

۶- عامل

در تعریف مفهوم عامل دیدگاه‌های متفاوتی وجود دارد اما همه آن‌ها متفقند که عامل خودمختار[11] است. به طور کلی عامل را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود: «عامل را می‌توان یک سامانه کامپیوتری دانست که می‌تواند در داخل یک محیط مشخص قرار گیرد. این سامانه توانایی دارد که بر اساس اهدافی که برایش مشخص شده، اعمالی را به طور مستقل در داخل این محیط انجام دهد» [۲۷، ۲۸ و ۲۹]. زمانی که یک شیء با استفاده از تعاملاتی که از طریق رفتارش با محیط اطراف دارد، جان می‌گیرد و خود را تغییر شکل می‌دهد و تکامل می‌یابد، می‌تواند به صورت یک

[11] Autonomy

عامل مدل شود. در واقع «رفتار» آن چیزی است که یک شیء را به حالت عامل تبدیل می‌کند. این مفهوم لزوماً به هوش انسانی اشاره ندارد و توانایی عامل را برای تغییر در طول زمان، بیان می‌کند. شکل (۲) ساختار کلی یک عامل و اجزاء آن را نشان می‌دهد.



شکل ۲- عامل [۳۰]

می‌توان یک عامل جغرافیایی را به صورت ریاضی فرموله کرد. هر عامل ai که در فضای E قرار گرفته است، می‌تواند توسط رابطه (۳) بیان شود:

$$Ai = (IdAi, TypeAi, Gi, LPi, Si, Ini, Outi, Oi, Mi) \quad (۳)$$

در این رابطه، $IdAi$ شناسه عامل i، $TypeAi$ نوع عامل i که به کلاس عامل اشاره دارد و Gi (عنصر) E موقعیت جغرافیایی که پایه فضایی عامل i نیز نامیده می‌شوند. Gi شامل نقطه پایه‌ای از E یا مجموعه‌ای از نقاط (یک خط، یک سطح، یک حجم) که شامل یک پایه فضایی هستند، می‌باشد. هر شیء j پایه فضایی Sj را داراست که بخشی از D است که توسط اجتماع سید[۱۲]های شیء j تشکیل شده است و در رابطه (۴) نشان داده شده است. به واسطه استفاده نادرست از زبان ما اغلب آن را تعیین موقعیت شیء می‌نامیم:

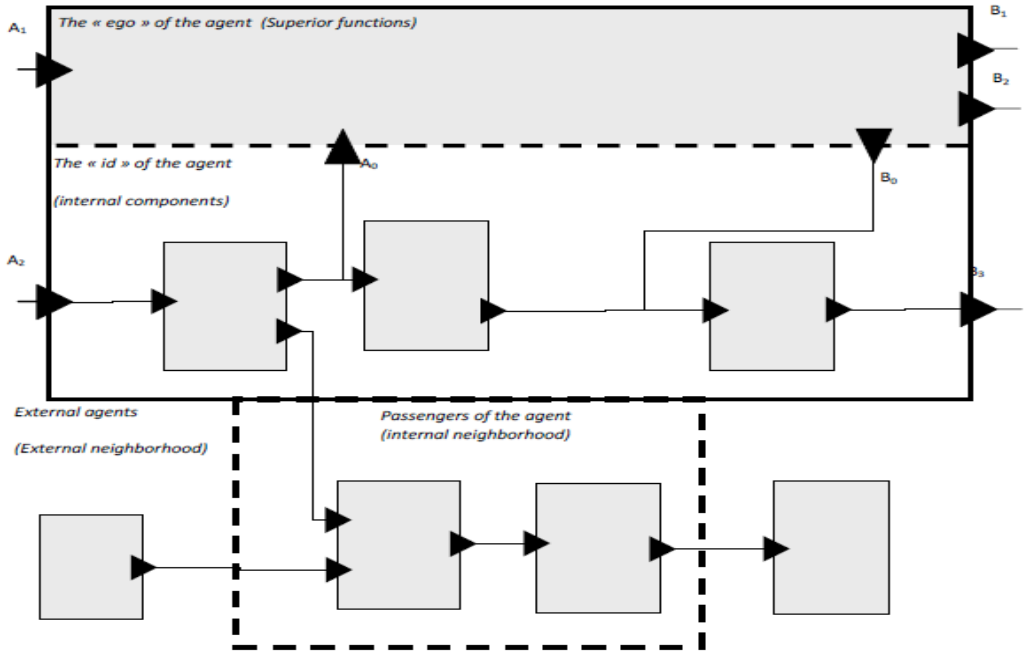
$$S_j = \bigcup_{A \in \varphi^{-1}(j)} A \quad (۴)$$

در این رابطه φ رابطه شناسایی است که سیدهای مرتبط با یک شیء را نشان می‌دهد. برای بیان این که رابطه شناسایی φ مرتبط با سیدهای مشخص G با اسامی مشخصی از مجموعه اسامی J هستند، به طور ریاضی نوشته می‌شود $\varphi: G \rightarrow J$. با در نظر گرفتن سید A به صورت رندوم از مجموعه G و اسم رندوم j از مجموعه اسامی J ، $\varphi(A)$ زیر مجموعه‌ای از عناصر J که با A در ارتباط‌اند، حاصل می‌شود. رابطه دو طرفه φ^{-1} از φ توسط معکوس کردن جهت لینک‌ها استنباط می‌شود که $\varphi^{-1}(j)$ مجموعه‌ای از سیدهایی است که با اسم j توسط این رابطه دو طرفه مرتبط شده است. رابطه دو طرفه تحقیق می‌کند : $A \in \varphi^{-1}(j) \Leftrightarrow j \in \varphi(A)$.

بعلاوه، در رابطه (۳)، LPi: لیست موقعیت‌های دیگر که به اجزاء سازنده اشاره دارد (مکان یاب‌ها) و Si: لیست متغیرهای حالت (در توصیف‌ها و ویژگی‌ها به وسیله یک کامپیوتر ساختاردهی می‌شوند) را نشان می‌دهد. می‌توان تصور کرد که احتمال هر متغیر حالت، یک سطح از حقوق را برای دیگر عامل‌ها اضافه می‌کند. مجموعه Vi از همه حالات ممکن عامل ai یک مجموعه رسمی است که شامل همه پیکربندی‌های مقادیر ممکنی است که می‌توانند به صورت متغیرهای حالت عامل در طول زمان در نظر گرفته شوند؛ Ini: مجموعه‌ای از همه درگاه‌های ورودی عامل ai را نشان می‌دهد که رسیدن داده‌ای را که از دیگر درگاه‌های خروجی عامل (L-{ai}) یا ورودی در سیستم (In) می‌آید را

[12] Seed

تضمین می‌کنند. می‌توان بین درگاه‌های داخلی و خارجی تمایز قائل شد. یک درگاه داخلی است اگر در ارتباط با یک جزء (داخلی) از ai باشد و یک درگاه خارجی است اگر با یک عامل خارجی (از جمله مسافران) در ارتباط باشد. Ai مجموعه رسمی از همه مقادیر ورودی ممکن عامل ai است؛ *Outi*: مجموعه‌ای از درگاه‌های خروجی عامل ai است که تضمین می‌کنند داده به سمت درگاه‌های ورودی دیگر عامل‌ها (L-{ai}) یا به سمت خروجی سیستم (Out) فرستاده شود. می‌توان درگاه‌های خروجی داخلی و خارجی را در نظر گرفت. Bi یک مجموعه رسمی از همه مقادیر خروجی ممکن برای عامل ai است؛ *Oi* : لیست (اگر عامل پایانی باشد، خالی است) که شامل سازماندهی‌های مختلفی که داخل یک عامل هستند، می‌باشد؛ *Mi* : لیستی از مکانیزم‌های رفتاری (یا توانایی‌ها) عامل ai است که وابسته به رویدادهاست و یک رفتار حقیقی را در طول دوره واحدی از زمان، از طریق یک پیکربندی جدید از عامل تولید می‌کند. دو نوع توانایی وجود دارد. توانایی ذاتی (دائم) که در ساختار عامل تعریف می‌شود و عامل آن را در زمان زندگی خود داراست و توانایی به دست آمده (یا موقتی) که عامل زمانی از آن استفاده می‌کند که از یک سازماندهی که به آن یک حالت و موقعیت می‌دهد، گذر کند. شکل (۳) دیاگرام ساختار عامل را نشان می‌دهد.



شکل ۳- دیاگرام ساختار عامل به همراه اجزاء، مسافران، درگاه‌های ورودی و خروجی و کانال‌های آن [۲۲]

۷- الزامات حوزه پاسخ اورژانسی به حوادث

حوزه پاسخ اورژانسی به حوادث دارای یکسری ویژگی‌ها و الزامات به این شرح است: a. غیر متمرکز کردن کنترل در استراتژی پاسخ؛ b. زیر ساخت ارتباطی بار زیادی دارد و این امر موجب خسارت می‌شود؛ c. منابع محدودند و به طور مداوم در طول عملیات‌های پاسخ تغییر می‌کنند؛ d. اطلاعات نامطمئن و ناکامل از منابع اطلاعاتی ناهمگن که نیاز است برای پشتیبانی آگاهی از وضعیت و فرآیندهای تصمیم‌گیری با هم ترکیب شوند؛ e. عدم اطمینان و ابهام اطلاعات درباره نتایج عملیات عملگران سیستم به دلیل متفاوت بودن اهداف و قابلیت‌های عملگران؛ f. تطبیق مؤلفه‌های سیستم با تغییرات محیطی؛ g. تطبیق برنامه‌های پاسخ‌گویی با تغییرات وضعیت؛ h. ادغام ابزارهای مختلف؛ i. یادگیری از تجربه؛ j. انعطاف‌پذیری و صلابت. سیستم‌های پاسخ اورژانسی سیستم‌های غیر متمرکزی هستند که قابلیت‌ها و معماری خود را می‌توانند از مدل‌سازی مبتنی بر عامل به ارث ببرند. جدول (۱) تطابق جنبه‌های مختلف سیستم چند عاملی را با ویژگی‌ها و الزامات حوزه پاسخ اورژانسی نشان می‌دهد [۳۱].

جدول ۱- تطابق جنبه‌های مختلف سیستم چند عاملی را با ویژگی‌ها و الزامات حوزه پاسخ اورژانسی [۳۱]

	جنبه‌های مختلف سیستم چند عاملی	الزامات حوزه پاسخ اورژانسی									
		j	i	h	g	f	e	d	c	b	a
۱	معماری سیستم چند عاملی	×		×		×			×	×	×
۲	ارتباط عامل‌ها			×		×				×	×
۳	گوناگونی عامل‌ها	×		×			×	×			
۴	حافظه سازمانی و مدیریت دانش		×								
۵	مدل‌سازی هوشمند رفتار عامل (مدل تعامل اجتماعی)		×		×						
۶	تشکیل تیم (تشکیل ائتلاف)				×		×		×	×	×
۷	هماهنگی و تخصیص کار و وظایف				×	×	×		×	×	×
۸	همکاری برای رسیدن به هدفی مشترک	×			×	×	×		×	×	×
۹	تصمیم‌گیری مشارکتی		×		×	×		×			×
۱۰	استنباط رفتار عامل محلی، رفتار عامل جهانی و حالت وضعیت	×	×		×	×	×				
۱۱	برنامه‌ریزی انطباقی	×			×	×	×	×	×	×	
۱۲	یادگیری عامل برای اصلاح قوانین و سناریوها		×		×	×	×	×	×	×	
۱۳	امنیت و ایمنی عامل			×							×
۱۴	کنترل عامل		×								
۱۵	کالیبره کردن رفتار عامل		×								

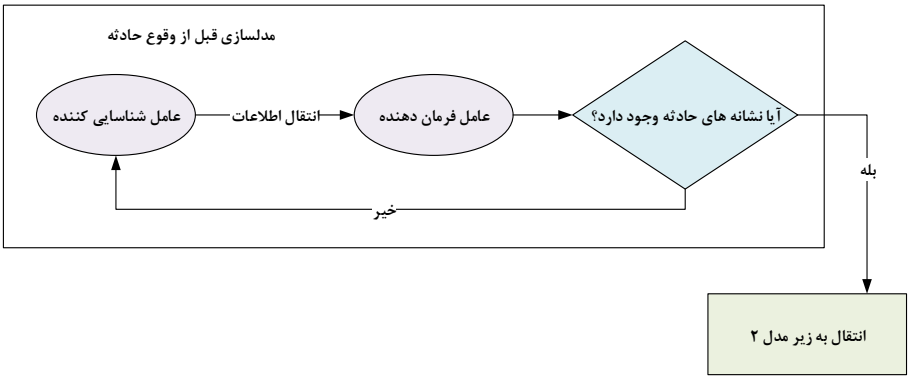
۸- مدلسازی مبتنی بر عامل پاسخ اورژانسی به حوادث

به طورکلی شبیه‌سازی یک حادثه را می‌توان به سه بخش مجزا تقسیم کرد: شبیه‌سازی قبل از وقوع حادثه، شبیه‌سازی زمان حادثه (در هنگام آغاز حادثه) و شبیه‌سازی پس از اتمام حادثه. مدل چند عامله مبتنی بر سیستم اطلاعات مکانی برای شبیه‌سازی مدیریت حوادث اورژانسی، مدلی است که از عامل‌های مختلفی که همه این عامل‌ها نیز از طریق موبایل با هم ارتباط دارند، تشکیل می‌شود. این عامل‌ها را می‌توان به طور کلی به سه دسته تقسیم کرد: عامل‌های شناسایی‌کننده، عامل‌های اجرا کننده و عامل‌های فرمان‌دهنده. عامل‌های شناسایی کننده توانایی تصمیم‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات را ندارند و فقط اطلاعات را به صورت آنی ارسال می‌کنند و اطلاعات را ذخیره نمی‌کنند. خودشان در سیستم حرکت نمی‌کنند اما می‌توانند توسط عامل‌های دیگر حرکت داده شوند. حالت آن‌ها می‌تواند توسط قوانین تعیین شده تغییر کند و توسط عامل‌های دیگر پرسیده شود. عامل‌های اجرا کننده می‌توانند بر اساس قوانین داخلی و یا دستورالعمل‌های عامل‌های فرمان دهنده درون سیستم حرکت کنند و حالت آن‌ها می‌تواند توسط عامل‌های فرمان-دهنده پرسیده شود. عامل‌های فرمان‌دهنده اطلاعات را از دیگر عامل‌ها جمع‌آوری می‌کنند و از این اطلاعات برای تصمیم‌گیری بر اساس قوانین تصمیم‌گیری خود استفاده می‌کنند. این عامل‌ها می‌توانند عامل‌های اجرا کننده را بر اساس قوانینی که وابسته به حالت سیستم است هدایت کنند.

۸-۱- مدل‌سازی قبل از وقوع حادثه

هنگامی که یک حادثه در شرف وقوع است و آثار آن در محیط قابل مشاهده است، عامل‌های شناسایی کننده یعنی افراد حاظر در نزدیک مکان حادثه از طریق تلفن‌های همراه خود، یکسری اطلاعات را به مراکز فرماندهی می‌فرستند. این اطلاعات توسط یک سیستم شبیه‌سازی مبتنی بر عامل مدل می‌شوند و از طریق یک واسط کاربر مبتنی بر وب نتیجه شبیه‌سازی برای عامل‌های فرمان‌دهنده نمایش داده می‌شود. بنابراین با استفاده از این شبیه‌سازی می‌توان یک حادثه را قبل از وقوع آن پیش‌بینی کرد. بنابراین در این جا فقط عامل‌ها شامل عامل شناسایی کننده (افراد حاضر در

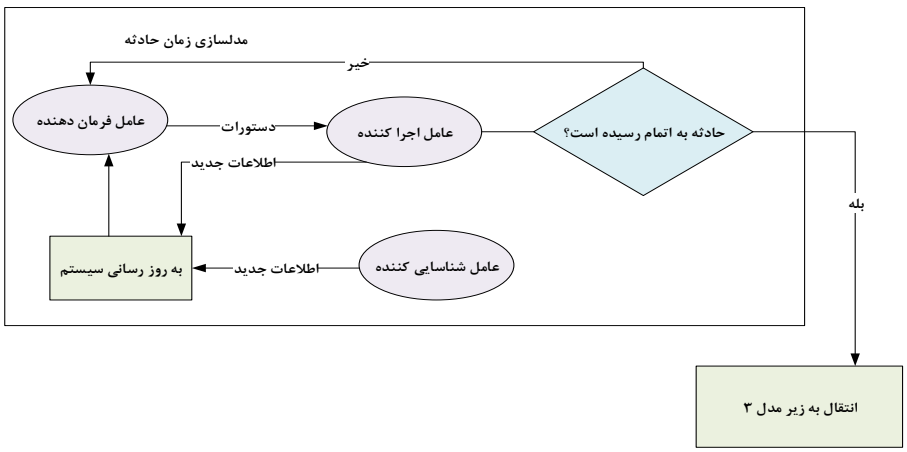
نزدیک مکان حادثه) و عامل فرمان‌دهنده (فرماندهی حادثه و به طور کلی اورژانس‌های بیمارستان، اداره‌های پلیس و آتش‌نشانی) می‌باشند. شکل (۴) مدلسازی قبل از وقوع حادثه و ارتباط عامل‌ها با یکدیگر را نشان می‌دهد.



شکل ۴- مدل‌سازی قبل از وقوع حادثه (زیر مدل ۱)

۸-۲- مدل‌سازی زمان حادثه

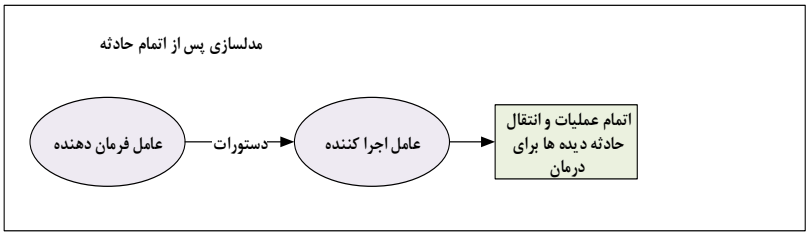
پس از پیش‌بینی حادثه، عامل‌های فرمان‌دهنده یکسری تصمیمات را برای مقابله با حادثه در نظر می‌گیرند. بنابراین شبیه‌سازی دیگری از مکان وقوع حادثه و تخصیص منابع بر اساس این تصمیمات انجام می‌شود و این تصمیمات به عامل‌های اجرا کننده برای ارائه خدمات به آسیب دیدگان انتقال داده می‌شود. بنابراین، عامل‌های اجرا کننده براساس دستورات عامل فرمان‌دهنده حرکت می‌کنند. حرکت این عامل‌ها با براساس تحلیل مسیریابی برای ارائه خدمات بهینه به آسیب‌دیدگان در کمترین زمان انجام می‌شود. در این شبیه‌سازی عامل‌های فرمان دهنده شامل فرماندهی حادثه و به طور کلی اورژانس‌های بیمارستان، اداره‌های پلیس و آتش‌نشانی و عامل‌های اجرا کننده، تکنسین‌های اورژانس پزشکی، آمبولانس‌ها و ماشین‌های پلیس و آتش‌نشانی و افراد داخل آن‌ها و عامل‌های شناسایی کننده، حادثه‌دیده‌ها و افراد ناظر حادثه، می‌باشند. در این قسمت، شبیه‌سازی می‌تواند توسط داده‌های تلفن همراه عامل‌های شناسایی کننده و عامل‌های اجرا کننده آپدیت شود و شبیه‌سازی اولیه حادثه با ورود هر داده جدید به سیستم تغییر می‌کند و این تغییرات توسط واسط کاربر مبتنی بر وب برای عامل‌های فرمان‌دهنده نمایش داده می‌شود. پس عامل فرمان‌دهنده می‌تواند به صورت آنی این تغییرات را مشاهده کند و در صورت لزوم با توجه به شرایط جدید تصمیمات جدیدی اتخاذ کند. شکل (۵) مدل‌سازی زمان حادثه و تعامل عامل‌ها با یکدیگر را نشان می‌دهد.



شکل ۵- مدل‌سازی زمان حادثه (زیر مدل ۲)

۸-۳- مدل‌سازی پس از اتمام حادثه

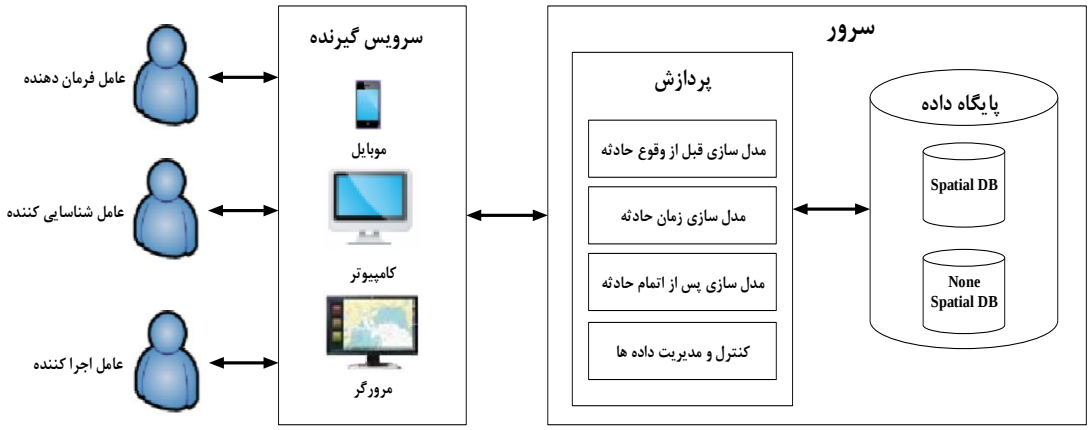
پس از اتمام حادثه افراد حادثه دیده باید در کمترین زمان ممکن برای درمان قطعی به بیمارستان‌ها منتقل شوند. پس در این قسمت از شبیه‌سازی عامل‌های فرمان دهنده به عامل‌های اجرا کننده دستوراتی را ابلاغ می‌کنند که بر اساس آن عامل اجرا کننده فرد حادثه دیده را به نزدیکترین بیمارستان از طریق سریع‌ترین مسیر موجود منتقل می‌کند. در این شبیه‌سازی عامل‌های فرمان دهنده شامل فرماندهی حادثه و اورژانس‌های بیمارستان‌ها و عامل‌های اجرا کننده شامل تکنسین‌های اورژانس پزشکی، آمبولانس‌ها و بخش‌های بیمارستان به غیر از بخش اورژانس می‌باشند. شکل (۶) مدل‌سازی پس از اتمام حادثه را نشان می‌دهد.



شکل ۶- مدل‌سازی پس از اتمام حادثه (زیر مدل ۳)

۸-۴- معماری سیستم

با توجه به بررسی‌ها و مدل‌سازی‌های انجام شده در این تحقیق، می‌توان معماری را که در شکل (۷) ارائه شده است برای حل مسئله پاسخ اورژانسی به حوادث پیشنهاد داد. این معماری برای تهیه نقشه و ارائه خدمات مکانی مناسب برای کاربران موبایل و وب طراحی شده است و براساس معماری خادم(سرویس‌دهنده)/مشتری(سرویس‌گیرنده)[۱۳] می‌باشد. سمت سرویس‌گیرنده، امکان نمایش نقشه‌ها و ورود داده‌ها توسط کاربر را فراهم می‌کند. بخش سرور پردازش‌ها لازم را برای شبیه‌سازی حادثه با استفاده از مدل چندعامله اجرا می‌کند. بعلاوه براساس درخواست کاربر، اطلاعات و نقشه‌های مورد نیاز را تهیه کرده و به سمت کاربر می‌فرستد. داده‌های مکانی و غیرمکانی لازم به منظور اجرای پردازش‌ها در پایگاه داده ذخیره می‌شوند که در صورت لزوم بازیابی می‌شوند.



شکل ۷- معماری سیستم پیشنهادی

به‌طور کلی، هنگامی که نشانه‌های یک حادثه در محیط مشاهده می‌شود، عامل‌های شناسایی کننده یعنی افراد نزدیک در مکان حادثه یکسری اطلاعات مثل عکس و آدرس مکان مورد نظر و ... را از طریق واسطهای کاربری موبایل یا وب ارسال می‌کنند. این اطلاعات به سرور انتقال داده می‌شوند و در قسمت پردازش با توجه به اطلاعات دریافت شده از

[13] Client/server

عامل‌های شناسایی کننده و نقشه‌های موجود، مدل‌سازی قبل از وقوع حادثه انجام می‌شود. علاوه‌براین، اطلاعات دریافتی در پایگاه داده نیز ذخیره می‌شوند. در هر بار ارسال اطلاعات توسط عامل‌های شناسایی کننده، مدل‌سازی قبل از وقوع حادثه به روز رسانی می‌شود. نتایج این مدل‌سازی از طریق یک مرورگر برای عامل‌های فرمان‌دهنده که شامل اورژانس‌های بیمارستان‌ها و اداره‌های پلیس و آتش‌نشانی می‌باشند، نمایش داده می‌شود.

در صورتی که نتایج مدل‌سازی قبل از وقوع حادثه بروز یک حادثه را نشان دهد، براساس منابع و نیروهای امدادی موجود، مدل‌سازی از زمان حادثه در قسمت پردازش انجام می‌شود و براساس این مدل‌سازی، عامل‌های فرمان‌دهنده تصمیماتی را برای مدیریت حادثه اتخاذ می‌کنند و به عامل‌های اجراکننده که همان تکنسین‌های اورژانس پزشکی، آمبولانس‌ها و ماشین‌های پلیس و آتش‌نشانی و افراد داخل آن‌ها می‌باشند، ارسال می‌کنند و نیروها به محل اعزام می‌شوند. در این حالت در صورتی که حادثه در طی اعزام نیروها رخ داده باشد، علاوه‌بر افراد نزدیک در مکان حادثه که نشانه‌های حادثه را مشاهده و اطلاعات را ارسال می‌کنند، حادثه‌دیده‌ها نیز جزء عامل‌های شناسایی‌کننده در نظر گرفته می‌شوند. پس از رسیدن نیروهای امدادی به مکان حادثه، این افراد (عامل‌های اجراکننده) نیز می‌توانند درخواست‌هایی مثل اعزام نیروی بیشتر و اطلاعاتی مانند وضعیت مکان حادثه و تلفات موجود را به مرکز فرماندهی مخابره کنند. مدل‌سازی زمان حادثه بر اساس این اطلاعات به روز رسانی و تغییرات ایجاد شده توسط مرورگر در هر لحظه برای عامل‌های فرمان‌دهنده نمایش داده می‌شود تا در صورت لزوم، تصمیمات جدیدی اتخاذ گردد.

پس از این که حادثه به اتمام رسید، حادثه‌دیده‌ها باید در کمترین زمان ممکن برای مداوا به بیمارستان‌ها اعزام شوند. بنابراین مدل‌سازی برای اعزام حادثه‌دیده‌ها براساس بیمارستان‌های موجود و نزدیکی آن‌ها به مکان حادثه و ترافیک مسیر حرکت به سمت آن‌ها، انجام می‌شود و عامل‌های فرمان‌دهنده بر اساس این مدل‌سازی آمبولانس‌ها (عامل اجرا-کننده) را به نزدیک‌ترین بیمارستان‌ها هدایت می‌کنند تا مصدومان توسط پرسنل بخش‌های بیمارستان (عامل‌های اجراکننده) تحت مداوا قرار گیرند.

۹- نتیجه‌گیری

آتش‌سوزی، حمله تروریستی، زلزله و ... حوادثی هستند که می‌توانند زندگی ما را تحت تأثیر قرار دهند. این حوادث را نمی‌توان حذف کرد و باید روش‌هایی برای کاهش تأثیر آن‌ها بر محیط و افراد توسعه داده شوند. شبیه‌سازی این رویدادها به ما کمک می‌کند تا توسعه این حوادث را درک کنیم و استراتژی‌های مختلفی را برای مقابله با این بحران‌ها ارزیابی کنیم. در این مقاله مدلی مبتنی بر عامل برای پاسخ اورژانسی به چنین حوادثی ارائه شد. این مدل از سه زیر مدل تشکیل شده است که علاوه بر پیش‌بینی حادثه، فعالیت‌های اورژانسی مربوط به زمان حادثه و پس از اتمام حادثه را مدل می‌کند.

به طور کلی، هرچه تعداد حادثه دیده‌ها در هر مکان بیشتر باشد، نسبت منابعی که باید به هر مکان اختصاص داده شود، بیشتر است. با این حال، اگرچه این روند واضح است اما تعیین دقیق چگونگی اختصاص منابع مشکل است زیرا تعداد حادثه دیده‌ها در یک مکان حادثه نسبت به مکان‌های دیگر به تدریج افزایش می‌یابد. استفاده از شبیه‌سازی مبتنی بر عامل این روند را به صورت کمی درمی‌آورد و به برنامه‌ریزان اورژانس کمک می‌کند تا اختصاص منابع را در وضعیت‌هایی با محدودیت منابع، تعدیل کنند. از سوی دیگر، پیش‌بینی حادثه به ما کمک می‌کند در حوادثی مثل زلزله، سیل و ... افراد حاضر در نزدیکی مکان حادثه را از محل دور کنیم تا تلفات کمتری داشته باشیم. علاوه‌براین، هر کدام از این زیر مدل‌ها به تنهایی می‌توانند برای کاربردهای مختلف استفاده شوند. برای مثال از زیر مدل ۲ می‌توان برای مدل‌سازی ترافیک شهری نیز بهره برد.

مراجع

[1] A. Ferguson, "An essay on the history of civil society" , London: T. Cadell. Art Third, Section II, pp. 205, 1767.

[2] F. Hayek, "The result of human action but not of human design, in new studies in philosophy, politics, economics", Chicago: University of Chicago Press, pp: 96-105, 1978.

[3] C.M., Macal, M.J., North, "Tutorial on agent-based modelling and simulation" J. Simul. 4 (3), pp. 151–162, 2010.

[4] J.M., Epstein, "Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up." Brookings Institution Press, 1996.

[5] E.J.L., Chappin, "Simulating Energy Transitions" , Next Generation Infrastructures Foundation, 2011.

[6] K.H., van Dam, I., Nikolic, Z., Lukszo, "Agent-Based Modelling of Socio Technical Systems" Springer, Guildford and UK, 2012.

[7] T., Jensen, G., Holtz, E.J.L, Chappin, "Agent-based assessment framework for behavior changing feedback devices: Spreading of devices and heating behavior" , Technological Forecasting & Social Change 98, pp.105–119, 2015.

[8] S.F., Railsback, A., Grimm, "Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction", Princeton University Press, 2011.

[9] Kanno T. and Furuta K., "Modelling and Simulation of Organizational Behavior in Emergency Response", Proc. Int. Joint Topical Meeting: "Sharing Solutions for Emergencies and Hazardous Environments, pp. 205-210, 2006.

[10] G.I. Hawe, G. Coates, D.T. Wilson, R.S. Crouch, "Agent-based simulation of emergency response to plan the allocation of resources for a hypothetical two-site major incident", Engineering ApplicationsofArtificial Intelligence, 2015.

[11] Y. Wang, K.L. Luangkesorn, L. Shuman, "Modeling emergency medical response to a mass casualty incident using agent based simulation", Socio-Economic Planning Sciences, Vol. 46, pp. 281-290, 2012.

[12] T. Schoenharl, Z. Zhai, R. McCune, A. Pawling, G. Madey, "Design And Implementation Of An Agent-Based Simulation For Emergency Response And Crisis Management", University of Notre Dame Notre Dame, 2009.

[13] A. Haghani, Q. Tian, H. Hu, "A Simulation Model for Real-Time Emergency Vehicle Dispatching and Routing", Transportation Research Board, 2003.

[14] S. Zhu, J. Abraham, S. A. Paul, M. Reddy, J. Yen, M. Pfaff, C. DeFlitch, "R-CAST-MED: Applying Intelligent Agents to Support Emergency Medical Decision-making Teams", In proceedings of the 11th. Conf. on artificial intelligence in medicine (AIME 07), Amsterdam, The Netherlands, 2007.

[15] D. Massaguer, V. Balasubramanian, S. Mehrotra, N. Venkatasubramanian, "MultiAgent Simulation of Disaster Response", AAMAS '06 Proceedings of the fifth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems",2006.

[16] Wireless Technologies: Concepts, Methodologies, Tools and Applications 1st Edition, USA Information Resources Management Association, 2011.

[17] J.I. Barredo, M. Kasanko, N. McCormick, C. Lavalle, "Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata", Landscape and Urban Planning, Vol. 64, pp. 145–160, 2003.

[18] M. Batty, "Editorial: Less is more, more is different: complexity, morphology, cities, and emergence", Environ. Plan. Vol. 27, pp. 166–168, 2000.

[19] L., von Bertalanffy, "General System Theory",Penguin, Harmondsworth, Middx. 1972.

[20] A., Duadi,. "Julia sets and the Mandelbrot set. In: H.O., Peitgen, , P.H., Richter (Eds.)", The Beauty of Fractals, Images of Complex Dynamical Systems, Springer, Berlin, 1986.

[21] E. Glen , Bredon, , "Topology and Geometry (Graduate Texts in Mathematics)", Springer; 1st edition, October 17, 1997.

[22] P. Langlois, "Simulation of Complex Systems in GIS", 2011.

[23] N. Dennouni, A. Lehireche, Towards a spatiotemporel model for the interworking of the GIS, www.cogsci.princeton.edu/wn/.

[24] GITTA - Geographic Information Technology Training - GIS basic concepts Version 5.5 – 2010.

[25] N. Pantazisa, E. Lazaroua, P. Stratakisa, H. Gadoloua, A. Koukofikisa, M. Kassolia ,"GEOGRAPHIC OBJECTS: THEORY OR TECHNOLOGY DRIVEN-D", 28th Urban Data Management Symposium (UDMS 2011), Delft, The Netherlands, pp. 28-30, September 2011.

[26] S. Zakaria, G. Rey, E. Mohamed, S. Lavirotte, E.F. Abdelaziz, J. Tigli, "Smart Geographic object: Toward a new understanding of GIS Technology in Ubiquitous Computing", IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 12, Issue 2, March 2015.

[27] J. Tweedale, N. Ichalkaranje, C. Sioutis, B. Jarvis, A. Consoli, J. Phillips-Wren, "Innovations in multi-agent systems", Journal of network and computer applications. Vol. 30(3), pp. 1089-1115, 2007.

[28] G. Weiss, "Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence: The MIT press, 1999.

[29] M.J. Wooldridge, N.R. Jennings, "Intelligent agents: theory and practice", The knowledge engineering review, Vol. 10(2), pp. 115-152, 1992.

[30] C.M. Macal, M.J. North, "Tutorial on agent-based modeling and simulation", Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, 2005.

[31] K.M. Khalil, M. Abdel-Aziz, T.T. Nazmy, A.B-M. Salem, Multi-agent crisis response systems design requirements and analysis of current systems, http://arxiv.org/abs/0903.2543; Mar. 2009.