مجله علمی ترویجی «پدافند غیرعامل»

سال یازدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، (پیاپی ۴۳): صص ۵۳-۳۹

علمی- ترویجی

شبیه‌سازی عامل‌مبنای عملیات امداد و نجات در حملات هوا پایه با تأکید بر تخصیص وظایف بین گروه‌ها

نوید هوشنگی[1*]، حسین رستمی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۵

چکیده

سامانه‌های چندعاملی (MAS) با شبیه‌سازی اجزای یک سامانه پیچیده به‌عنوان عامل‌های هوشمند و پیاده‌سازی شاخص‌های تصمیم‌گیری آن امکان پیش‌آگاهی از شرایط بحرانی را فراهم می‌کنند. هدف اصلی این مقاله شبیه‌سازی عملیات امداد و نجات در حملات هواپایه و افزایش کارایی گروه‌های امداد و نجات در شرایط بحرانی می‌باشد. پیاده‌سازی سامانه شبیه‌سازی در منطقه ۳ تهران در چهار بخش اصلی انجام شد: ۱) اولویت‌دهی منطقه با روش تاپسیس (TOPSIS) در محیط GIS، ۲) شبیه‌سازی محیط عملیات با لحاظ عامل‌های دخیل (عامل‌های جست‌وجوگر، آزادساز و تیم پزشکی) با نرم‌افزار AnyLogic، ۳) تعریف نحوه همکاری و تخصیص وظایف بین عامل‌ها، ۴) ایجاد سناریوها و تحلیل نتایج مختلف.

نقشه اولویت زیرساخت‌ها نشان داد که ۲۱٪ از بلوک‌های شهری در اولویت ۱ حمله دشمن و به ترتیب ۱۸، ۲۹، ۲۲ و ۱۰ درصد در اولویت‌های ۲ تا ۵ قرار دارند. با پیاده‌سازی شبیه‌ساز مشاهده شد که با دو برابر کردن تعداد نیروهای امدادی در سناریوهای مختلف زمان عملیات ۴۷٪ و تعداد نفرات فوت‌شده ۹٪ کاهش می‌یابد. نتایج نشان‌دهنده قابلیت استفاده از سامانه‌های چندعاملی در طراحی سامانه شبیه‌ساز و مدل‌سازی اجزاء تصمیم گیر بود. شبیه‌ساز ایجاد شده می‌تواند در مدیریت، تصمیم‌گیری و پیش‌بینی میزان آسیب‌پذیری ناشی از حملات هواپایه استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: حملات هوا پایه، سامانه اطلاعات مکانی، سامانه‌های شبیه‌ساز عامل‌مبنا، همکاری بین عامل‌ها

[1] استادیار سامانه اطلاعات مکانی (GIS)، دانشکده مهندسی علوم زمین، دانشگاه صنعتی اراک، اراک، ایران- (hooshangi@arakut.ac.ir)- نویسنده مسئول

[2] کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۱- مقدمه

جنگ و به‌ویژه حملات هوایی همواره با گسیختگی اجتماعی، تخریب خیابان‌ها، امکانات و زیرساخت‌ها همراه می‌شود. از همان لحظات ابتدایی بعد از حمله هوایی، مشکلاتی از جمله هجوم افراد به پناهگاه‌ها و یا به سمت ساختمان‌های آسیب‌دیده برای کمک‌رسانی، عدم اطلاعات کافی از ابعاد حادثه، حجم زیاد مجروحان، فعالیت نهادهای دولتی بدون ساختار و برنامه‌ی از پیش تعریف‌شده به‌سرعت شدت می‌گیرند. این ناهماهنگی‌ها روند عملیات امداد و نجات و پاسخگویی را با دشواری مواجه می‌کند. در این شرایط استفاده از علومی که امکان بررسی و آنالیز راهبردهای مختلف در برخورد با بحران را بدهد می‌تواند بسیار مفید بوده و سبب بهینه‌سازی تصمیم‌گیری و در نهایت کاهش خسارات شود [۱].

در جنگ تحمیلی ایران- عراق، حملات هوا پایه خسارت‌های اجتماعی و اقتصادی زیادی تحمیل کرده است. لذا آمادگی برای مقابله با بحران‌هایی از این نوع در قالب یک برنامه منسجم و مدیریت صحیح کاملاً ضروری به نظر می‌رسد. همواره عدم اطلاع دقیق از وضعیت نیروهای امدادی، بزرگی فضای تخریب‌شده و سرعت بالای تغییرات دشواری عملیات امداد و نجات را به همراه دارد [۲]. لذا به دلیل تعداد بالای عامل‌ها و رفتار پیچیده آن‌ها، امکان درک و توصیف آن‌ها به شکل نظری بسیار سخت و یا غیرممکن است و صرفاً ساختارهای مدیریتی می‌توانند در این شرایط دشوار بر اوضاع جاری غلبه کنند که از حد قابل قبولی آمادگی، انسجام و انعطاف برخوردار باشند [۳].

هدف اصلی این تحقیق ارائه یک نمونه اولیه از سامانه‌های عامل‌مبنا برای شبیه‌سازی عملیات هواپایه است که تخصیص وظایف و همکاری میان عامل‌ها را مدنظر قرار می‌دهد. نمونه‌ی ایجادشده در این پژوهش، شاخص‌های متعدد و مؤثری برای وفق یافتن با محیط را دارا می‌باشد که موجب انعطاف‌پذیری نمونه شده، و قابلیت استفاده در سایر مناطق و با لحاظ داده‌های مختلف محرمانه را فراهم می‌کند. در عملیات هواپایه، جهت برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در لحظات حساس کاربرد دارد. طراحی و پیاده‌سازی چنین سامانه‌ای امکان پیش‌آگاهی و پیش‌بینی از عملیات امداد و نجات را فراهم می‌کند و می‌توان از آن در برنامه‌ریزی و ایجاد سناریوهای از پیش تعیین‌شده توسط کارشناسان مربوطه استفاده کرد، که در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در لحظات حساس کاربرد دارد. با مطالعه‌ی تحقیقات مختلف در رابطه با سامانه‌های چندعاملی، مشخص شد که تحقیقی با رویکرد استفاده از سامانه‌های چندعاملی در حیطه‌ی عملیات امداد و نجات بعد از حملات هوا پایه موجود نمی‌باشد. لذا، بررسی گروه‌ها و اجزاء تصمیم‌گیری در عملیات بعد از حملات هوایی در قالب سامانه‌های چندعاملی نوآوری اصلی این تحقیق به شمار می‌رود. در این بررسی با الهام گرفتن از عملیات امداد و نجات شهری[1] (USAR) به بررسی نحوه مدیریت عملیات امداد و نجات بعد از حمله هوایی پرداخته می‌شود.

در ادامه در بخش "بیان مسئله"، چالش و مسئله اصلی تحقیق بیان شده و در بخش "پیشینه تحقیق" مروری بر تحقیقات پیشین ارائه می‌شود. مراحل پیاده‌سازی و روش‌های استفاده شده در تحقیق در بخش "روش تحقیق" بیان می‌شود. بدین منظور ابتدا منطقه موردمطالعه معرفی و در ادامه نحوه به‌دست آوردن نقشه اولویت زیرساخت‌های منطقه، نحوه شبیه‌سازی عملیات امداد و نجات و روش همکاری استفاده‌شده بین عامل‌ها بیان می‌شود. در بخش "نتایج و بحث" سامانه پیشنهادی پیاده‌سازی شده و نتایج حاصل از اولویت‌بندی زیرساخت‌های منطقه، و سامانه شبیه‌ساز ارائه می‌شود. در انتهای مقاله، در بخش "نتیجه‌گیری" نتیجه نهایی تحقیق حاضر ارائه می‌شود.

۲- بیان مسئله

محققین در حوزه‌های مختلف، رویکردهای متفاوتی مانند بهینه‌سازی، شبیه‌سازی و مدل‌سازی عامل‌مبنا به‌منظور حل مسائل پیچیده پیشنهاد داده‌اند. یکی از چالش‌های اصلی مقابل این تحقیق نحوه‌ی شبیه‌سازی یک سامانه پیچیده‌ی پویا می‌باشد. در شبیه‌سازی سامانه رویکردهایی با مبنای بهینه‌سازی از روش‌های برنامه‌نویسی ریاضیاتی مانند خطی، عدد صحیح، پویا و تصادفی برای یافتن بهترین جواب ممکن برای مسائل محدود و فرضیات خاص استفاده کرده‌اند. مهم‌ترین مشکل در این روش‌ها وابستگی جواب به فرضیات مسئله می‌باشد [۴]. در مقابل رویکردهای بهینه‌سازی، رویکردهایی بر مبنای شبیه‌سازی (مانند شبیه‌سازی عامل‌مبنا) مطرح می‌شوند که امکان مدل‌سازی پویای رفتارهای سامانه مورد نظر را با تغییر مقدار شاخص‌ها، عدم قطعیت‌ها و سیاست‌ها فراهم می‌کنند [۵]. در این رویکرد امکان اجرای نمونه با محدودیت‌ها و شرایط از قبل تعریف‌شده وجود دارد، بنابراین نمونه‌های شبیه‌ساز، محدودیت کاربرد در شرایط پویا که وضعیت‌ها[2] تغییر می‌کند و نیاز به تصمیم‌گیری‌های مختلف در بخش‌های مختلف سامانه می‌شود، ندارند. رویکردهای قدیمی در حوزه‌ی اجرا به‌ویژه زمانی که بحث پویا بودن محیط در سامانه مطرح شود، کارایی پایینی دارند [۴].

[1] Urban search and rescue
[2] States

سامانه‌های چندعاملی[1] (MAS) یکی از روش‌های نوین در شبیه‌سازی فرآیندها می‌باشد که در مدیریت بحران و به‌ویژه حملات هوا پایه مزایا متعددی دارد. یکی از مسائل اصلی مطرح در این تحقیق نحوه‌ی شبیه‌سازی عامل‌ها و شاخص‌های تصمیم‌گیری و روال کاری آن‌ها می‌باشد. به‌طور کلی سامانه‌های چندعاملی امکان شبیه‌سازی میزان تخریب ساختمان‌ها، مصدومین، موقعیت امدادگران، وقوع آتش و فعالیت امدادگران را فراهم می‌کند. سامانه‌های شبیه‌سازی‌شده‌ی عامل مبنا امکان ارزیابی راهبردهای مختلف و لذا یافتن راهبردهای بهینه برای عملیات جست‌وجو و نجات در حادثه‌هایی با ابعاد بزرگ را ممکن می‌کنند. سامانه‌های چندعاملی، سامانه‌های پیچیده را با تأکید بر تعامل بین عامل‌ها مخاطب قرار داده و امکان شکستن سامانه به زیر بخش‌های محیط و سایر عمل‌کننده‌ها را فراهم می‌کنند [۶]. نمونه‌های شبیه‌سازی راه‌حل‌های کارآمدی را جهت تحلیل پیچیدگی‌های تعاملات و فرآیندهای شهری ارائه می‌دهند [۷]. با اجرای شبیه‌سازی به تعداد دفعات زیاد، یک بینش آماری بر روی نتایج پروژه حاصل می‌شود، همچنین وجود امکان شبیه‌سازی، تأثیر راهبردهای مختلف و ارزیابی عملکرد آن‌ها را ممکن می‌سازد.

۳- پیشینه تحقیق

با بررسی انجام شده مشخص شد، تاکنون تحقیقی در رابطه با نحوه استفاده از سامانه‌های شبیه‌سازی چندعاملی جهت مدیریت و برنامه‌ریزی عملیات امداد و نجات در حملات هوایی موجود نیست. لذا پیشینه‌ای در رابطه با استفاده از عملیات امداد و نجات در حملات هوا پایه مشاهده نشد. بدین منظور با توجه به شباهت عملیات امداد و نجات در بحران‌های طبیعی به عملیات امداد و نجات در حملات هوا پایه از تحقیقات انجام شده در حوزه‌ی امداد و نجات در بحران‌های طبیعی استفاده شد. در جدول (۱) به برخی از این تحقیقات اشاره می‌شود. در جدول (۱)، ستون‌های هدف، نکته بارز و نتیجه نوشته شده مربوط به مقاله‌ای است که در ستون منبع به آن ارجاع داده شده است.

جدول (۱): خلاصه‌ای از تحقیقات صورت گرفته در زمینه‌ی شبیه‌سازی عامل‌مبنا در حوزه مدیریت بحران

هدف	نکته بارز	نتیجه	منبع
شبیه‌سازی عملیات امداد و نجات بعد از زلزله	از مفاهیم سامانه اطلاعات مکانی و سامانه‌های چندعاملی در شبیه‌سازی عملیات امداد و نجات بعد از زلزله با بررسی عدم قطعیت‌ها موجود استفاده شد.	با بررسی روش تخصیص وظایف پروتکل قرارداد شبکه در سناریوهای مختلف و لحاظ عدم قطعیت بازه‌ای در رخدادهای موجود، سرعت عملیات امداد و نجات افزایش یافت.	[۸]
تعیین نحوه تخلیه نفرات از ساختمان‌ها در زلزله	نمونه‌های بزرگ و کوچک مقیاس جهت افزایش سرعت برنامه‌ی تخلیه‌ی بهینه‌ی افراد ترکیب شد.	استفاده از نمونه تخلیه بزرگ مقیاس شبکه‌ی راه‌ها و افزایش دقت و جزئیات نمونه با اطلاعات کوچک مقیاس موجب بهبود شد.	[۹]
شبیه‌سازی تخصیص وظایف بین گروه‌های آزادساز و نجات	رویکردی ابتکاری برای حل مسئله‌ی تخصیص وظایف و همکاری بین گروه‌های مختلف در زلزله ارائه شد.	نتایج نشان از افزایش سرعت همکاری در صورت هماهنگی عامل‌ها را نشان داد.	[۶]
ارزیابی اثرات رفاهی در حوادثی مانند بلایای شهری	روش تخصیص جمعیت به امکانات رفاهی با شبیه‌سازی فرآیند پایین به بالا و بالا به پایین ترکیب شد.	نتایج حاصل در مقیاس کوچک نشان می‌دهد که تخریب فیزیکی منطقه منجر به تعامل صفر در بازار می‌شود.	[۱۰]
بررسی نحوه کاربرد عملی رویکرد مبتنی بر عامل در شبیه‌سازی عملیات امداد و نجات در نجات بلایا	یک تیم نجات متشکل از عامل‌های آتش‌نشانی، آمبولانس و پلیس در شرایطی که در حدود ۱۰۰ مأمور غیرنظامی به‌طور مستقل حرکت کنند، شبیه‌سازی شد.	مسئله امداد و نجات با استفاده از سامانه‌های چندعاملی می‌تواند به صورت عملی نیز مطرح باشد.	[۱۱]
مدل‌سازی پاسخ به فاجعه در مجتمع‌های خدماتی	پلت فرمی برای شبیه‌سازی توزیع‌شده به منظور تجزیه‌وتحلیل آسیب‌های عملیات و واکنش‌های عملیاتی توسعه داده شد.	نتایج نشان داد ایجاد چنین شبیه‌سازهایی به منظور پیش‌بینی شرایط بحران می‌تواند مناسب باشد.	[۱۲]
بهینه کردن شبیه‌سازی مبتنی بر عامل برای عملیات امداد و نجات پویا	عدم قطعیت در حمل‌ونقل را در نظر گرفته و اقدامات مختلف و تعامل بین چند نفر را تحت تأثیر یک رویداد طبیعی لحاظ می‌کند.	نتایج حاکی از اهمیت در نظر گرفتن اختلالات حمل‌ونقل در برنامه‌ریزی برای رفع بلایا است.	[۱۳]

سامانه‌های عامل‌مبنا روشی مناسب برای شبیه‌سازی می‌باشند. بر اساس جدول (۱) شبیه‌سازی‌های صورت گرفته ابزار یا ساختاری[1] را در اختیار تصمیم‌گیران قرار می‌دهد که بتواند حمایتی در تصمیم‌گیری‌ها باشد. نمونه‌های شبیه‌سازی راه‌حل‌های کارآمدی را جهت تحلیل پیچیدگی‌های تعاملات و فرآیندهای شهری ارائه می‌دهند و می‌توانند در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری استفاده شوند [۷]. در هر کدام از تحقیقات ارائه‌شده در جدول (۱) محققین به مدل‌سازی بخشی از رفتار عامل‌ها در محیط شبیه‌سازی پرداخته‌اند و مدل‌سازی همکاری و نحوه‌ی تعامل عامل‌ها در محیط‌های بحران‌زده به‌ندرت بررسی‌شده است. در تحقیقات پیشین استفاده از بستر سامانه اطلاعات مکانی[2] (GIS) و ابزارهای مکانی برای آماده‌سازی محیط و ایجاد نقشه‌ی اولیه به‌وفور استفاده‌شده است.

در سیستم‌های چندعاملی چندین عامل خودکار و خودمختار (سخت‌افزار یا نرم‌افزار) حضور دارد که به‌تنهایی نمی‌توانند تمامی وظایف را انجام دهند [۱۴]. در این‌گونه سامانه‌ها برای رسیدن به هدفی مشترک نیاز است مجموعه‌ای از کارها به گروهی از عامل‌ها تخصیص داده شوند. مسئله‌ی تخصیص وظایف[9] (TAP) و تخصیص وظایف چند رباتی[10] (MRTA) شامل انتساب تعدادی از کارگران (منابع) برای تأمین کردن نیازمندی تعدادی از وظایف (مصرف کنندگان) می‌باشد [۶]. همکاری عامل‌ها با یکدیگر و با محیط از ارکان اصلی سامانه‌های چندعاملی می‌باشد [۱۵]. همکاری شامل مجموعه‌ای از فرآیندهای لازم به‌منظور رسیدن به تعادلی مناسب در تقسیم وظایف است [۱۶]. در سامانه‌های چندعاملی برآیند رفتار سامانه از تعامل بین رفتار گروه‌های دخیل و نیز از تعامل آن‌ها با محیط، به دست می‌آید. در محیط‌های چندعاملی انجام وظایف نیازمند همکاری بالایی بین عامل‌ها است [۱۴]. در بحث هماهنگی چندین عامل، هدف نهایی تخصیص پویای وظایف به‌عنوان انتخاب مجموعه‌ای مناسب از اقدامات برای هر عامل در هر زمان و در هر مکان می‌باشد [۶]. بدون تخصیص صحیح وظایف میان عامل‌ها، ممکن است سامانه دچار هرج‌ومرج شده و از رسیدن به هدف نهایی بازبماند. اهمیت تخصیص وظایف با افزایش پیچیدگی‌ها و مقیاس[11] سامانه مورد بررسی، افزایش می‌یابد [۱۷]. در جدول (۲) دسته‌بندی و خلاصه‌ای از روش‌های تخصیص وظایف ارائه‌شده در تحقیقات پیشین ارائه می‌شود.

جدول (۲): روش‌های تخصیص وظایف موجود

دسته‌ها	روش‌های موجود	ویژگی‌ها
مزایده مبنا	CNP[3]، Norm-based CNP M+ protocol [20]، [16]	روش‌های مزایده مبنی جز محبوب‌ترین و پرکاربردترین راه‌حل‌ها برای تخصیص وظایف در سامانه‌های چندعاملی می‌باشند. این روش‌ها در محیط‌هایی که جمع‌آوری اطلاعات لحظه‌ای دقیق از کل محیط دشوار باشد کاربرد دارند [۱۸]. اگر هزینه‌های ارتباطی بیش‌ازحد بالا باشد، امکان شکست در ارتباطات وجود دارد [۱۹].
اجتماع مبنا	CBAA[4]، CBBA، HRCA [22]	روش‌های اجتماع‌مبنا در محیط‌های پویا که امکان سازگاری و همگرایی در آگاهی محیطی در میان تمام اعضا وجود ندارد استفاده می‌شوند [۲۱]. عموماً زمان‌بر بوده و نیاز به مبادله‌ی حجم عظیمی از داده‌ها دارند [۲۱].
بهینه‌سازی	GA[5]، ACO[6]، max min، A*، SA[8]، PSO[7]	روش‌های بهینه‌سازی که شامل روش‌های اکتشافی و فرا ابتکاری می‌باشند صرفاً بهینه‌ی محلی را نتیجه می‌دهند [۱۹]. این روش‌ها برای حل مسائل با گستردگی مکانی نمی‌توانند کاربرد داشته باشند.
تشکیل ائتلاف	ائتلاف پی‌درپی، ائتلاف جامع [۲۳]	در این روش ابتدا ائتلاف و به عبارتی گروهی از عامل‌ها ایجاد می‌شوند. سپس برای تخصیص وظایف از روش‌های مختلفی از جمله روش‌های ازدحام تا مدل‌سازی سنتی و رویکردهای برنامه‌ریزی قابل‌استفاده می‌شود. با فرض یک عامل از هر نوع به‌عنوان سرگروه، بخشی از تصمیم‌گیری‌ها بر عهده این عامل قرار می‌گیرد.
یادگیری	MACE-SCM، LA-CBR، CBR	این روش‌ها عموماً در سیستم‌هایی که دارای دو بخش متمرکز و غیرمتمرکز هستند، استفاده می‌شوند که یادگیری در بخش متمرکز قرار دارد [۴]. باوجود تلاش‌هایی برای استفاده از یادگیری به‌صورت توزیع یافته، این روش‌ها ماهیت متمرکز دارند [۲۴].
رویکردهای مبتنی بر رفتار	ALLCANCE، BLE، ASyMTRe [19]	این رویکرد از رفتارهای روبات‌ها مانند بی‌حوصلگی، رضایت و کارآمدی ربات برای تخصیص استفاده می‌شوند. این روش‌ها در قابلیت زمان واقعی قوی بوده، و در برابر خطا و ثبات مقاوم‌تر هستند [۱۹]. جواب بهینه‌ی محلی برای تخصیص وظایف بین عامل‌ها ارائه می‌دهند و جواب بهینه کلی در آن‌ها مشخص نیست [۱۹].
سایر روش	تخته‌سیاه [۲۵]، نظریه بازی‌ها، همکاری وزنی در محیط‌های بحران‌زده [۲۶]	این روش‌ها در تحقیقات اندکی و به‌صورت موردی در پدیده‌ای خاص گسترش داده‌شده‌اند. هر کدام از این روش‌ها مزایا و معایب مربوط به خود را دارند. با لحاظ محدودیت هر روش به نظر نمی‌رسد بتوان استفاده‌ی جامعی از این روش‌ها انجام داد.

[1] Framework
[2] Geospatial information System
[3] Contract Net Porotocol
[4] Consensus-Based Action Algorithm
[5] Genetic Algorithm
[6] Ant colony optimization
[7] Particle Swarm Optimization
[8] Situational Awareness
[9] Task Allocation Problem

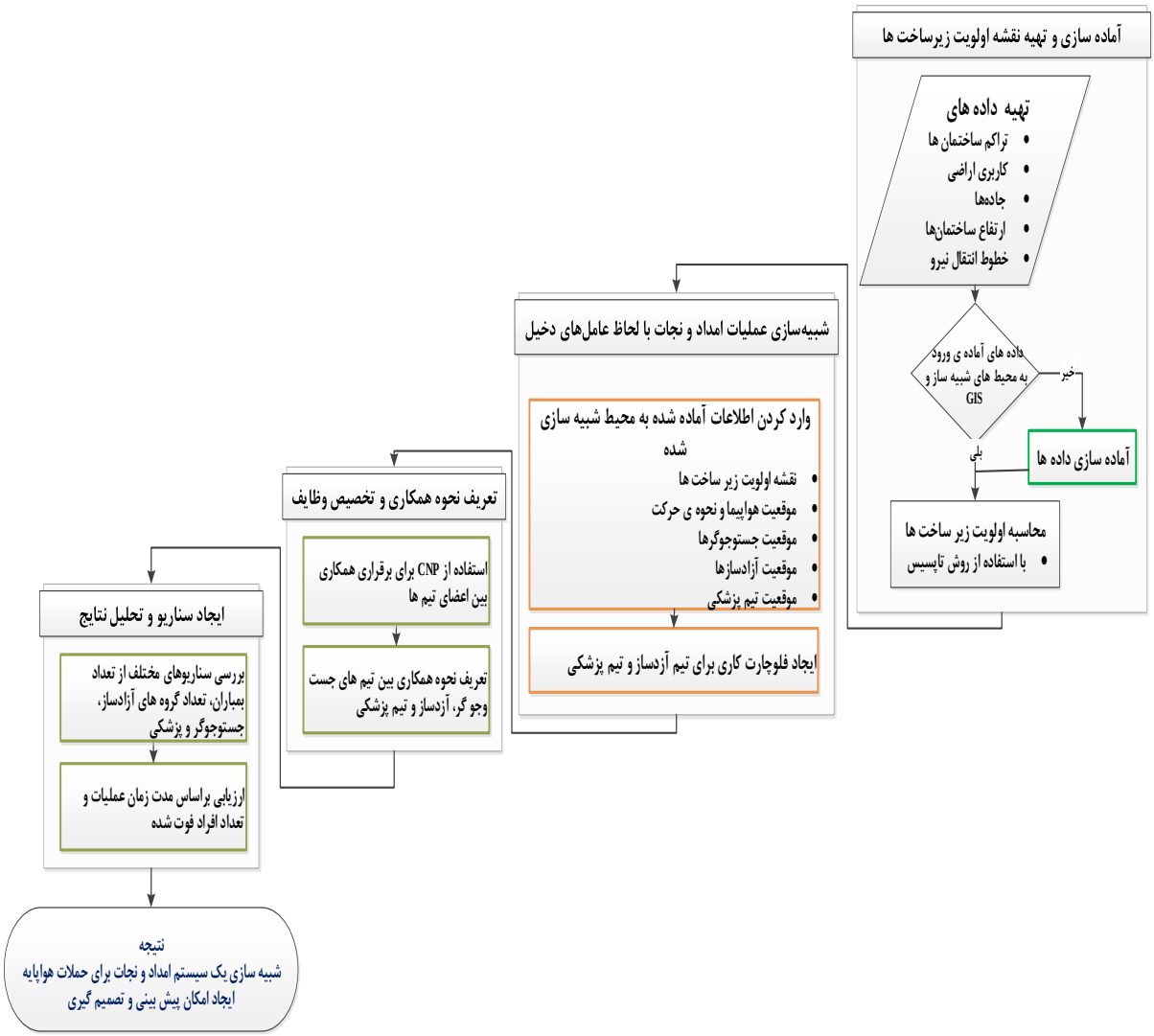
[10] Multi Robot Task Allocation

[11] منظور از مقیاس، گستره‌ای است که تخصیص وظایف در آن صورت می‌گیرد. برای مثال تخصیص وظایف در عملیات امداد و نجات در یک محله با تخصیص وظایف در کل یک شهر در دو مقیاس جداگانه می‌باشد. هر چه این گستره بزرگتر باشد، عملیات تخصیص دشوارتر صورت می‌گیرد.

با لحاظ تحقیقات پیشین صورت گرفته در تخصیص وظایف مشاهده می‌شود که روش غالبی برای تخصیص وظایف بین گروه‌های کاری وجود ندارد، اما تحقیقات بسیاری از روش‌های مبتنی بر پروتکل قرارداد شبکه[1] (CNP) به لحاظ سادگی، پرکاربرد بودن و محبوب بودن استفاده کرده‌اند [۸، ۱۶، ۱۹، ۲۷].

۴- روش تحقیق

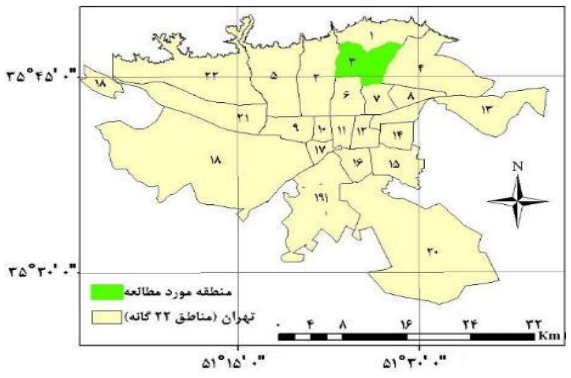
فعالیت‌های گروه‌های مختلف در پروژه‌هایی چون مدیریت بحران ناشی از حملات هوا پایه ماهیتی مکانی- زمانی دارند. فناوری اطلاعات[2] (IT) و در کنار آن سامانه اطلاعات مکانی، امکان لحاظ حجم زیادی از داده‌های مکانی و به هنگام‌سازی آن‌ها در قالب یک سامانه شبیه‌سازی عملیات امداد و نجات در حملات هوا پایه را فراهم می‌کند. روند کلی پیاده‌سازی سامانه شبیه‌ساز پیشنهادی همانند شکل (۱) است. سامانه پیشنهادی در چهار مرحله اصلی پیاده‌سازی می‌شود. ابتدا داده‌های مورد نیاز آماده‌شده و نقشه اولویت زیرساخت‌ها ایجاد می‌شود. در مرحله‌ی دوم عملیات امداد و نجات با لحاظ عامل‌های دخیل در محیط شبیه‌سازی می‌شود. در مرحله سوم نحوه‌ی همکاری و تخصیص وظایف بین عامل‌ها تعریف می‌شود و در مرحله چهارم سناریوهای مختلف اجرا و نتایج سامانه تحلیل می‌گردد.



شکل (۱): فرآیند پیاده‌سازی سامانه شبیه‌ساز در این تحقیق

[1] Contract Net Protocol
[2] Information Technology

در ادامه ابتدا منطقه مورد مطالعه و داده‌های استفاده شده بیان می‌شوند. سپس مراحل پیاده‌سازی و روش‌های استفاده شده در هر مرحله تشریح می‌شود.

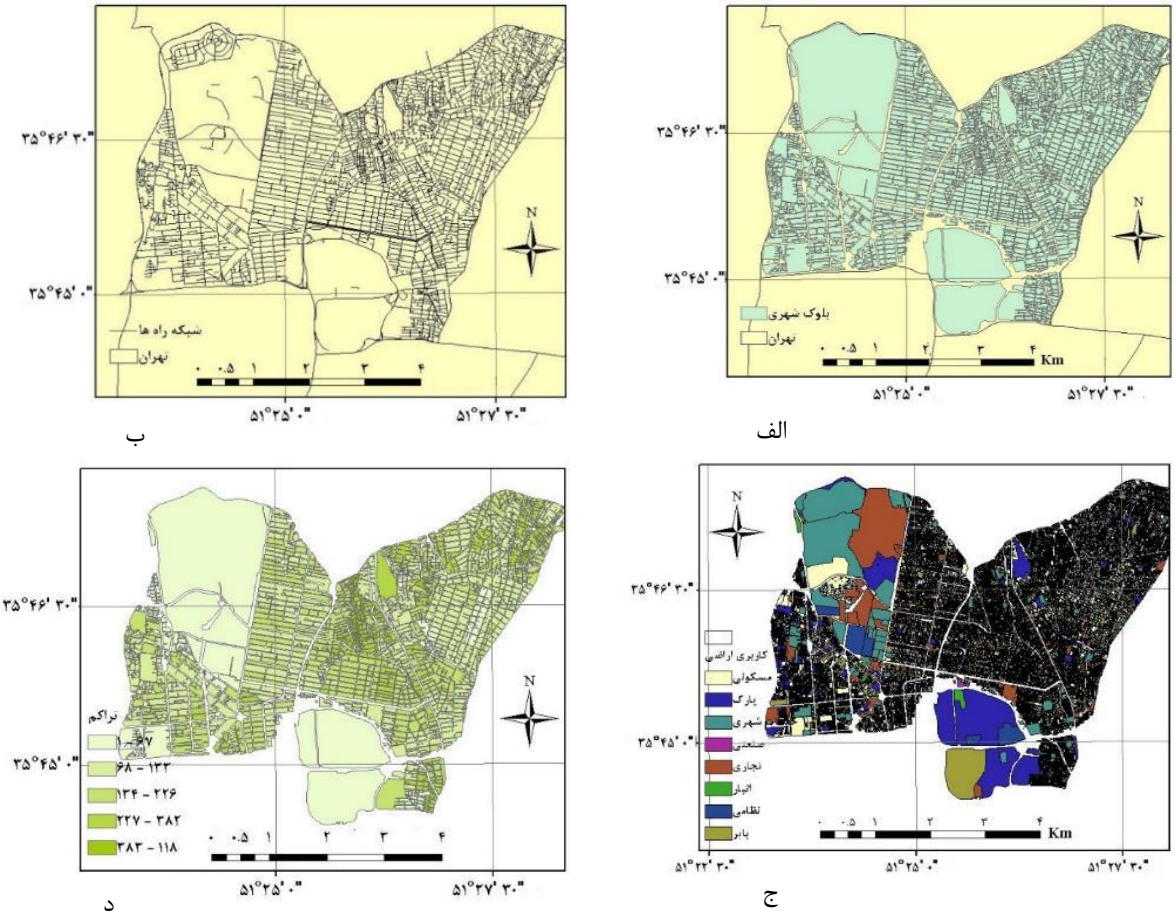


شکل (۲): نمایشی از محدوده‌ی مطالعاتی

۴-۱- معرفی منطقه موردمطالعه و داده‌های استفاده شده

پیاده‌سازی سامانه شبیه‌ساز پیشنهادی در منطقه ۳ شهر تهران صورت گرفت. منطقه ۳ در شمال شهر تهران قرار دارد (شکل ۲). این منطقه دارای مساختی در حدود $2/8\ Km^2$ بوده و از جنوب تا اتوبان همت و بزرگراه رسالت، از غرب تا اتوبان چمران، از شرق تا خیابان پاسداران و بخشی از خیابان شریعتی، و شمال تا بزرگراه‌های مدرس، صدر و چمران گسترده شده است. جمعیت این منطقه بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰ ایران، ۳۱۴،۱۱۲ نفر (۱۰۶،۰۴۶ خانوار) شامل ۱۴۸،۶۲۱ مرد و ۱۶۵،۴۹۱ زن می‌باشد.

در این مقاله از لایه‌های تراکم جمعیت، کاربری اراضی، جاده‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها، خطوط انتقال نیرو، نقشه‌ی پراکندگی عامل‌های جست‌وجوگر، آزادساز و تیم پزشکی برای اولویت‌دهی زیرساخت‌های منطقه و تولید محیط عامل‌ها استفاده شد. در این تحقیق از داده‌های نظامی و محرمانه به منظور رعایت مسائل حفاظت اطلاعات استفاده نشد. نمونه‌ای از نقشه‌های استفاده شده در شکل (۳) نمایش داده می‌شود. برای آماده‌سازی داده‌ها از نرم‌افزار ArcGIS 10.2.2 و از پایگاه داده Microsoft Access نیز برای ذخیره‌سازی اطلاعات مربوط به گروه‌ها استفاده گردید.



شکل (۳): منطقه مورد مطالعه: (الف) بلوک‌ها، (ب) شبکه راه‌ها، (ج) نقشه کاربری اراضی، (د) تراکم جمعیت

با لحاظ داده‌های موجود، این تحقیق در چهار مرحله اصلی انجام شد که در ادامه این مراحل تشریح می‌شوند.

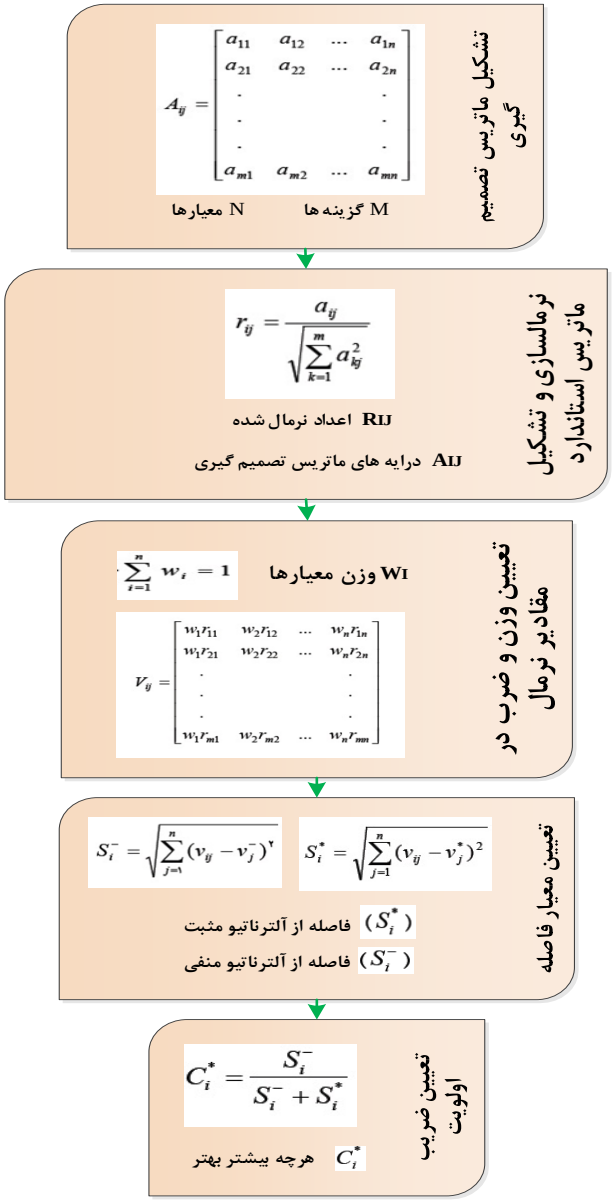
۴-۲- آماده‌سازی و تهیه نقشه اولویت زیرساخت‌ها با روش تاپسیس

در برآورد اولویت منطقه از نظر دشمن برای حملات هوایی شاخص‌های گوناگونی مانند تراکم جمعیت، کاربری اراضی، نزدیکی به جاده‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها، خطوط انتقال نیرو و تعداد زیادی از معیارهای کمی و کیفی تأثیر دارند. تعدد شاخص‌ها و ارتباطات پیچیده بین آن‌ها کارشناسان را به سمت استفاده از سامانه‌ای سوق می‌دهد که بتواند شاخص‌هایی مختلف، میزان تأثیر هر یک و روابط آن‌ها را در کنار دقت قابل‌قبول و سرعت کافی تحلیل نماید [۲۸]. از جمله رویکردهایی که در اولویت‌بندی منطقه مورد استقبال قرارگرفته استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] (MCDM) در سامانه اطلاعات مکانی (GIS) است [۲۸، ۲۹]. با توجه به حجم زیاد داده‌ها و نیاز به پردازش اطلاعات در فرآیند اولویت‌بندی، می‌توان از روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی (نقشه‌های رقومی) در قالب روش تاپسیس[2] (TOPSIS) استفاده نمود.

روش تاپسیس یکی از روش‌های رایج در رتبه‌بندی معیارها می‌باشد. در روش تاپسیس، فاصله یک گزینه از نقطه ایده‌آل مثبت و از نقطه ایده‌آل منفی محاسبه می‌شود. بدان معنی که گزینه انتخابی باید در کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و درعین‌حال دورترین فاصله از ایده‌آل منفی قرار داشته باشد. روش کار تاپسیس ساده و سرعت آن مناسب است و می‌تواند تضاد و تطابق بین شاخص‌ها را در نظر بگیرد. خروجی روش تاپسیس می‌تواند ترتیب اولویت گزینه‌ها را مشخص و این اولویت را به‌صورت کمی بیان کند. مراحل کاری در این روش همانند شکل (۴) می‌باشد [۳۰، ۳۱]:

۴-۳- شبیه‌سازی عملیات امداد و نجات با لحاظ عامل‌های دخیل

در سیستم‌های شبیه‌ساز هر چه نقشه‌ها و شاخص‌های بیشتری مورد استفاده قرار گیرد، می‌تواند دقت نتایج را بیشتر کند. بااین‌وجود، در بسیاری از شرایط استفاده از معیارها و شاخص‌های بیشتر، تنها مسئله را پیچیده‌تر کرده و کمکی به بهبود نتایج نمی‌نماید، از طرفی درک محتوای سیستم را نیز با مشکل روبرو می‌کند [۳]. در این تحقیق با توجه به توضیحات فوق، بخش‌های شبیه‌سازی‌شده در این سیستم عبارت خواهند بود از: شبیه‌سازی نحوه‌ی حرکت عامل‌های هواپیماها و ایجاد هدف‌های دلخواه، شبیه‌سازی مصدومان در منطقه، گروه‌های جست‌وجو، گروه آزادساز و شبیه‌سازی گروه پزشکی. هر کدام از بخش‌های عملیاتی متناسب با وظیفه‌ی خود فعالیت خواهند کرد.

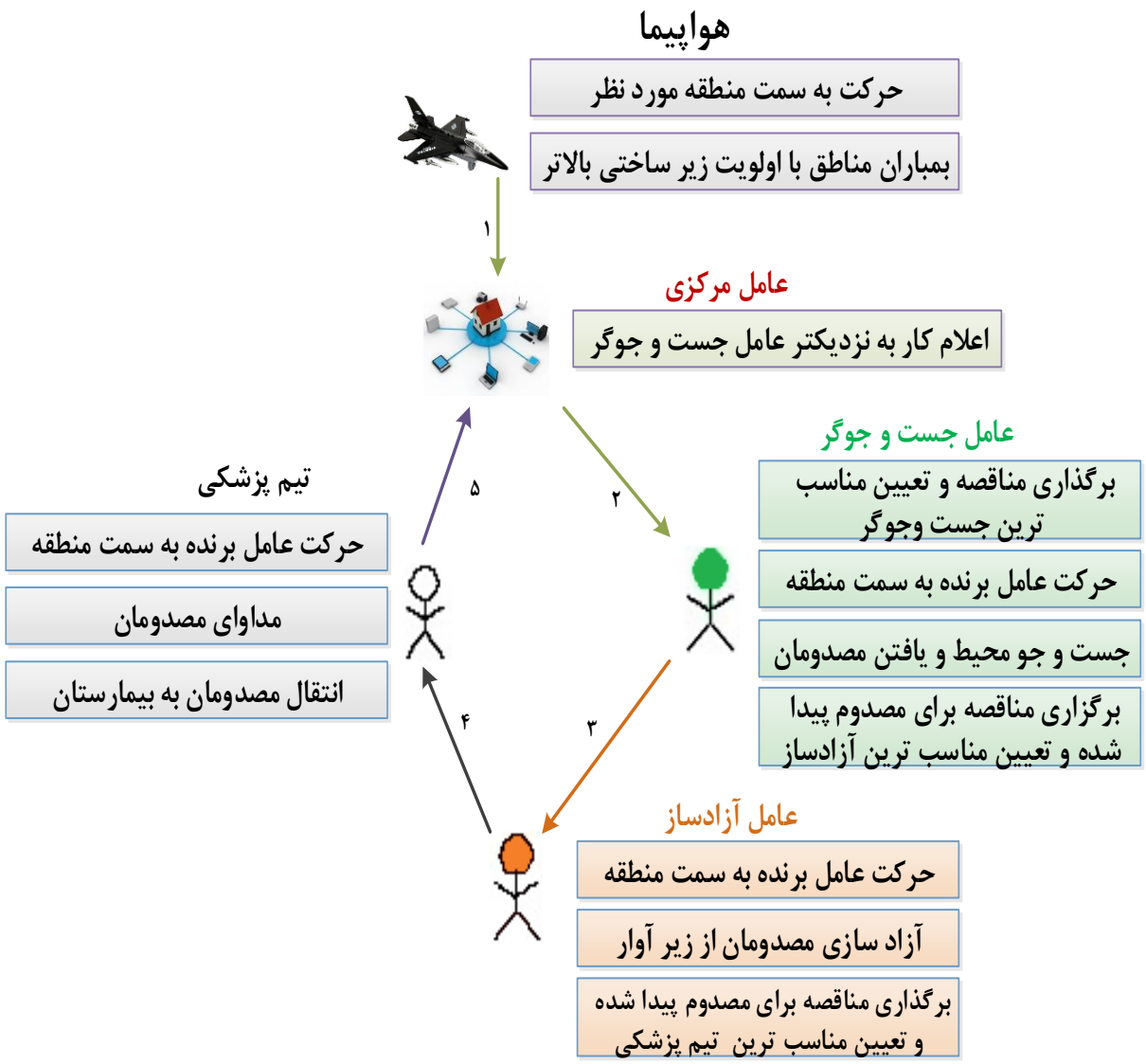


شکل (۴): مراحل کاری در روش تاپسیس [۳۰، ۳۱].

سناریوی سیستم شبیه‌سازی‌شده همانند شکل (۵) می‌باشد. بدین‌صورت که ابتدا هواپیماهای شبیه‌سازی‌شده از یک موقعیت مشخص (این موقعیت بر روی نقشه قابل‌تعیین است) شروع به انجام عملیات می‌کنند. با شروع حمله هوایی ساختمان‌ها

[1] Multi-criteria decision making
[2] The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

آسیب‌دیده و تعداد نفرات فوت‌شده و مصدوم (متناسب با فاصله از نقطه مورد حمله) شبیه‌سازی می‌شوند. در ابتدا عامل مرکزی وظایف ناشی از بمباران (افراد مصدوم) را به نزدیک‌ترین عامل جست‌وجوگر موجود واگذار می‌کند. عامل مربوطه مناقصه‌ای را بین سایر تیم‌های جست‌وجوی نزدیک برگزار کرده و مناسب‌ترین گروه را انتخاب می‌کند. گروه انتخاب‌شده بعد از مراجعه به محیط به جست‌وجوی محیط می‌پردازد و درصورتی‌که مصدومی پیدا کند، تلاش خواهد کرد از بین عامل‌های آزاد ساز مناسب‌ترین گروه را با استفاده از مناقصه بیابد و کار آزادسازی مصدومان را به آن گروه بسپارد. آزادساز انتخاب‌شده به محیط مراجعه کرده و مصدومان را از زیر آوار نجات می‌دهد و برای خدمات پزشکی اولیه و انتقال مصدومان به بیمارستان یا مراکز خدماتی مناسب‌ترین تیم پزشکی را از بین تیم‌های موجود با برگزاری مناقصه انتخاب می‌کند.



شکل (۵): فرآیند تعامل عامل‌ها در محیط.

همان‌گونه که بیان شد سیستم چندعاملی مطرح شده شامل پنج دسته از عامل‌های مستقل عامل مرکزی، هواپیما، عامل جست‌وجوگر، عامل آزادساز و تیم پزشکی و عامل مصدوم می‌باشد. این عامل‌ها موجودیت‌های مستقلی هستند که دارای قدرت حرکت، ارزیابی محیط و بررسی وضعیت همسایگان خود می‌باشند. هر عامل نشان‌دهنده یک موجودیت فیزیکی از عملیات امداد و نجات است، که شامل یک یا چند تابع برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری است. این عامل‌ها مستقل، عقلانی و قادر به برقراری ارتباط با یکدیگر می‌باشند. هر کدام از عامل‌ها وظیفه‌ی خاصی همانند جدول (۳) دارند.

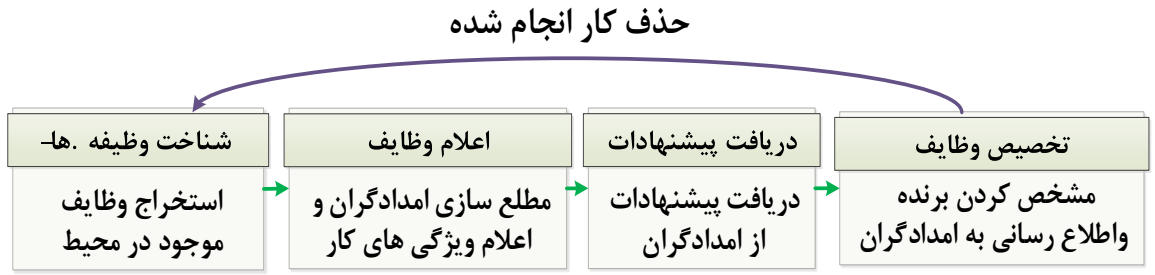
جدول (۳): وظایف هر کدام از عامل‌های حاضر در سیستم شبیه‌ساز.

عامل	وظیفه
عامل مرکزی	مشخص کردن عامل هماهنگ‌کننده
	ارزیابی نهایی بین عامل‌های زیرگروه (جست‌وجوگر) مختلف
	اعلام وظیفه تخصیص‌یافته به عامل‌های جست‌وجوگر
	مسئول تخصیص وظایف به عامل‌ها
هواپیما	حرکت به سوی منطقه‌ای که باید بمباران کند
	بمباران و تخریب منطقه
جست‌وجوگر	مسئول جست‌وجوی محیط برای یافتن مصدومان
	مسئول برگزاری مناقصه
	اخذ نظرات عامل‌های زیرگروه
	ارسال ارزیابی گروه و ترتیب عامل‌های مناسب برای اجرا به عامل مرکزی به همراه مدت‌زمان اجرای وظایف برای هر عامل
آزادساز	مسئول آزادسازی مصدومان از زیر آوار
	برقراری ارتباط با عامل جست‌وجوگر
	یافتن مناسب‌ترین تیم پزشکی
	ارسال مشکل در کار به عامل جست‌وجوگر
تیم پزشکی	مسئول ارائه خدمات پزشکی و حمل مصدومان به سمت بیمارستان
	ارزیابی فاکتورهای مناقصه و اعلام آن‌ها به عامل آزادساز
	ارسال مشکل در کار به عامل جست‌وجوگر
مصدومان	ساکن در محیط
	این عامل هوشمند نیست و فقط وضعیت حیاتی آن تغییر می‌کند

دو مبحث اصلی در طراحی عامل‌ها در قالب تیم‌های عملیاتی در بمباران هوایی اهمیت دارد، یکی طراحی عامل‌ها و قوانین مربوط به آن‌ها و دیگری نحوه برقراری روابط بین عامل‌ها با یکدیگر می‌باشد. در سامانه شبیه‌سازی‌شده این تحقیق، قوانین و پایگاه منطق عامل‌های استفاده‌شده در این تحقیق به‌صورت قانون مبنا[1] می‌باشد. لذا تصمیمات عامل‌ها با استفاده از قوانین اگر ... آنگاه[2] به‌عنوان بهترین عمل انتخاب می‌شود. عامل‌های جست‌وجو و آزادساز می‌توانند از طریق ایجاد پیام و بیدگذاری[3] به یکدیگر پیام دهند و با هم ارتباط داشته باشند. در رابطه با نحوه همکاری عامل‌ها از روش پروتکل قرارداد شبکه استفاده شد که در ادامه بحث می‌شود.

۴-۴- تعریف نحوه همکاری و تخصیص وظایف بین عامل‌ها

روش‌های مختلفی برای هماهنگی بین عامل‌ها وجود دارد. یک روش هماهنگی مهم جهت تخصیص وظایف و منابع در میان عامل‌ها و تعیین ساختار سازمانی، پروتکل قرارداد شبکه می‌باشد. در این روش عامل‌ها می‌توانند دو نقش مدیر و پیمانکار را بر عهده بگیرند. روش کار در CNP همانند شکل (۶) می‌باشد. بسیاری از مسائل همکاری دارای سازوکار پیمانکاری متشکل از سه بخش می‌باشند: (۱) اعلام قرارداد توسط عامل مدیر (۲) واگذاری پیشنهادها توسط عامل‌های قراردادی در پاسخ به این اعلام (۳) ارزیابی پیشنهادهای ارائه‌شده توسط مدیر (پیمانکار). پروتکل معروف قرارداد شبکه، برای کنترل تولید و ارتباطات به‌کار می‌رود. هر کار به مدت‌زمانی جهت اجرا نیازمند است. هر عامل چنانچه کار را به‌دست آورد، به میزانِ مدت‌زمانی که برای انجام آن کار لازم است، مشغول انجام آن کار می‌شود. این الگوریتم را همه عامل‌ها، به‌صورت هم‌زمان می‌توانند انجام دهند. این الگوریتم برای محیط‌هایی که تعداد عامل‌ها و تعداد کار زیاد باشد، به‌خوبی جواب‌گوست. این الگوریتم می‌تواند در محیط پویا نیز به‌خوبی کار کند. سیستم‌های چندعاملی امروزه به عنوان ابزارهایی مناسب برای پردازش توزیعی و محاسبات غیرمتمرکز به‌شمار می‌آیند. در این سیستم‌ها، ایجاد هماهنگی میان عوامل مستقل به‌منظور رسیدن به هدف سراسری بسیار ضروری است.



شکل (۶): مراحل اجرای پروتکل قرارداد شبکه [۲۷].

[1] Rule-based

[2] If … Then

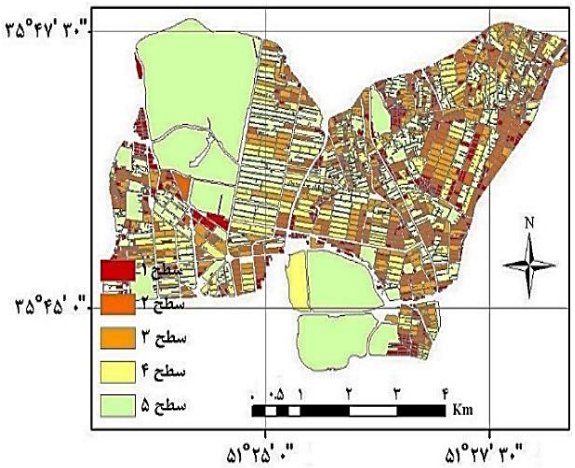
[3] Bidding

۴-۵- ایجاد سناریوها و تحلیل نتایج مختلف

همان‌گونه که بیان شد یکی از کابردهای اصلی سامانه‌های شبیه‌سازی شده ایجاد سناریو و مشاهده خروجی‌های سامانه می‌باشد. در این تحقیق نتایج سامانه شبیه‌ساز به‌ازای مقادیر مختلفی از مناطق بمباران شده (۲۰، ۳۰ و ۴۰ بمب)، گروه‌های جستجوگر و آزادساز (۵۰ و ۱۰۰ گروه) و تیم پزشکی (۱۵ و ۳۰ گروه) محاسبه و مورد تحلیل قرار می‌گیرد. هر سناریو به‌صورت تصادفی ۱۰ بار اجرا می‌شود. در هر سناریو توزیع عامل‌ها به‌صورت تصادفی صورت گرفته و موقعیت مکان‌های مورد حمله، در اطراف زیرساخت‌ها با اولویت ۱ انتخاب می‌شوند. در هریک از این سناریوها تعداد افراد فوت شده و مدت زمان عملیات محاسبه و ملاک ارزیابی خواهد بود.

۵- نتایج و بحث

با تکمیل داده‌های مکانی، تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده برای تعیین ارزش زیرساخت‌های موجود در منطقه در سامانه اطلاعات مکانی و محیط ArcGIS انجام شد. در این بخش ابتدا مدل‌سازی ارزش زیرساخت‌های منطقه صورت گرفت تا مشخص شود که جنگنده‌های هوایی تمایل دارند چه مناطقی را بمباران کنند. بدین منظور از روش تاپسیس که به عنوان یکی از اصلی‌ترین روش‌های تلفیق داده‌های جغرافیایی می‌باشد، استفاده شد. نقشه خروجی اولویت‌های زیرساخت‌های منطقه همانند شکل (۷) می‌باشد.



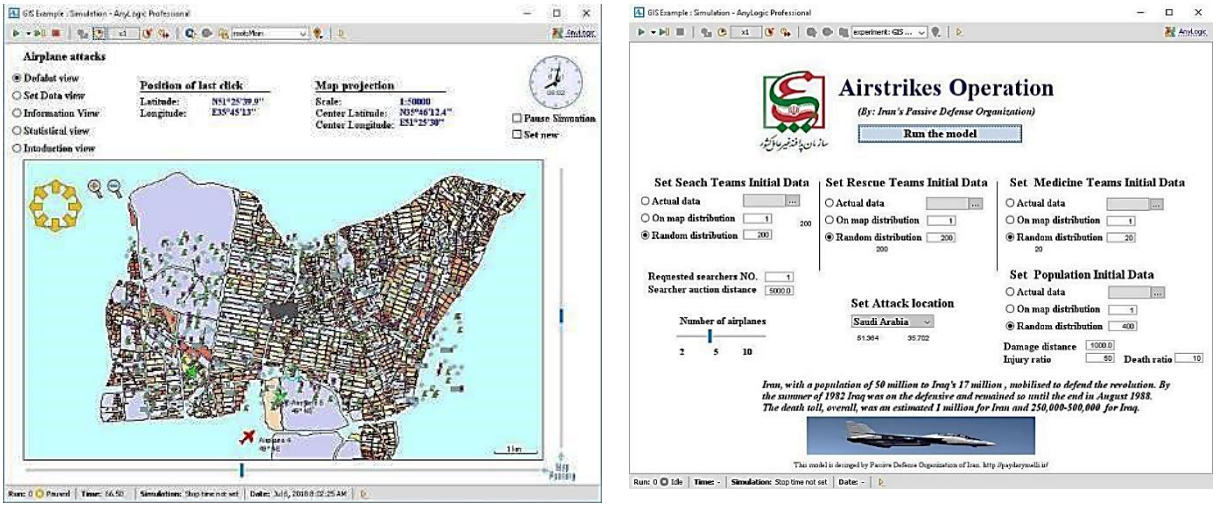
شکل (۷): اولویت‌های زیر ساختاری منطقه ۳ تهران.

نقشه‌ی اولویت‌های زیرساختی در ۵ سطح ایجاد شد. ۲۱ درصد از زیرساخت‌های منطقه (۳۰۲ بلوک) در اولویت ۱ حمله دشمن قرار دارند. به ترتیب ۱۸، ۲۹، ۲۲ و ۱۰ درصد در اولویت‌های ۲ تا ۵ وجود دارند. همان‌گونه که مشخص است، زیرساخت‌های مهم در منطقه از پراکندگی نسبی برخوردار هستند و در یک بخش متمرکز نیستند. نقشه‌ی ایجاد شده به‌عنوان مبنای سامانه شبیه‌ساز وارد خواهد شد تا کارشناسان مربوطه حمله دشمن را بر اساس اولویت زیرساخت‌ها تعیین کنند.

برای پیاده‌سازی سامانه شبیه‌ساز از نرم‌افزار AnyLogic و برنامه‌نویسی جاوا استفاده شد. در پیاده‌سازی سامانه‌های شبیه‌ساز 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. در سامانه پیشنهادی نحوه قرارگیری عامل مرکزی، تیم جست‌وجوگر، تیم آزادساز و تیم پزشکی در محیط به سه روش، استفاده از اطلاعات ذخیره‌شده در پایگاه داده، جانمایی دستی عامل‌ها و توزیع تصادفی عامل‌ها قابل پیاده‌سازی می‌باشد. البته ذکر این نکته لازم است که امکان اضافه کردن عامل‌های جدید یا حذف نمایش عامل‌ها در طول عملیات امداد و نجات وجود دارد. در محیط شبیه‌ساز کاربران با کلیک بر روی هر عامل می‌توانند موقعیت و وظایف عامل مربوطه را مشاهده کنند.

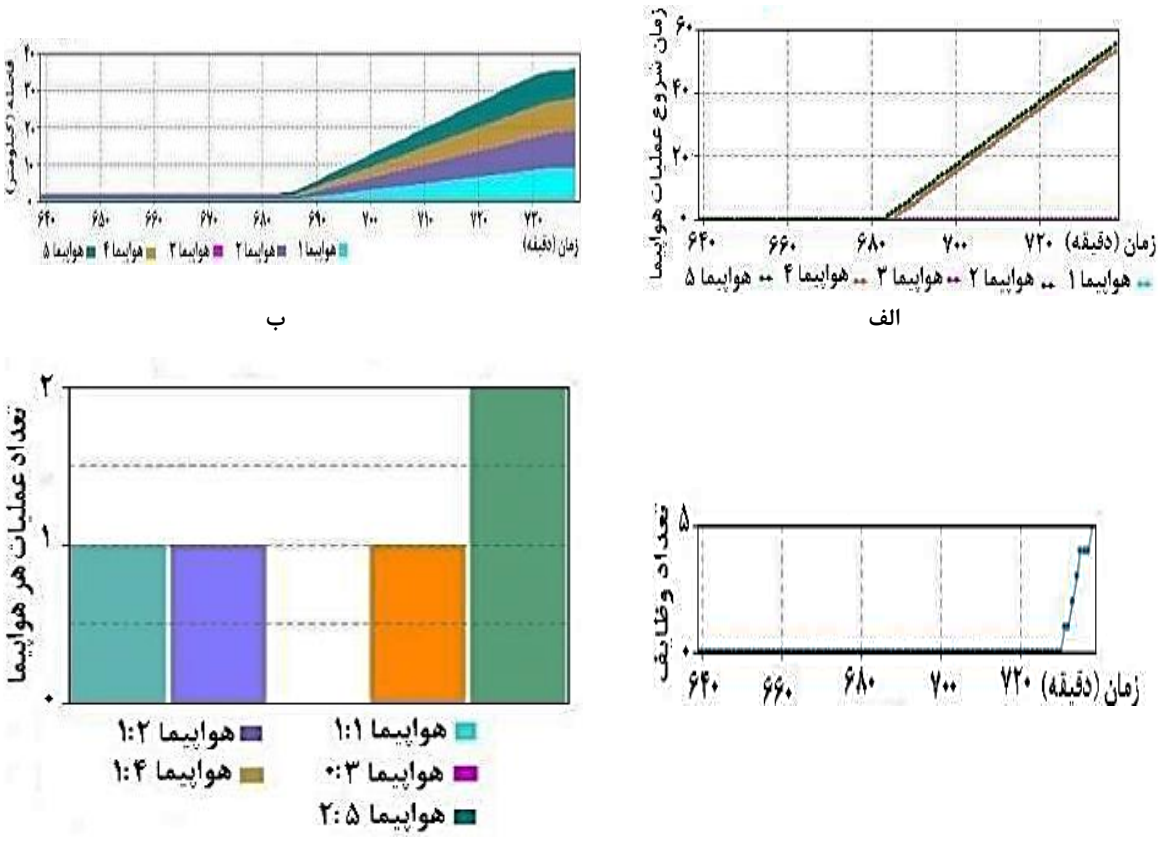
شروع حمله هوایی با چندین فروند هواپیمای دشمن (دلخواه) می‌باشد که به سمت نقاط حساس شهر حرکت می‌کنند تا مناطق مد نظر را بمباران کنند. موقعیتی که حمله از آن منطقه صورت می‌گیرد قابل تنظیم می‌باشد. تنظیمات اولیه سامانه شبیه‌سازی‌شده همانند شکل (۸- الف) می‌باشد. نقاط ثبت‌شده برای هر هواپیما در لیست وظایف عامل هواپیما قرار می‌گیرد و عامل به ترتیب به طرف منطقه‌ی مورد نظر حرکت کرده و عملیات بمباران خود را انجام می‌دهد. صفحه نمایش اولیه‌ی در شکل (۸- ب) نشان داده شده است.

بعد از حمله هوایی هر عامل آماره‌هایی برای خود ثبت می‌کند. برای عامل هواپیما آماره‌هایی از جمله مسافت طی شده از مبدأ، تعداد بمب‌های ریخته شده توسط هر کدام از هواپیماها، زمان شروع عملیات هر جنگنده و تعداد وظایف ایجاد شده تعریف شد. شکل (۹) مجموعه‌ای از آماره‌های ثبت‌شده برای جنگنده‌ها را نشان می‌دهد.



ب الف

شکل (۸): صفحه نمایش اولیه از سامانه شبیه‌سازی‌شده: الف) برای تنظیم تعداد و نحوه معرفی عامل‌ها، ب) برای تنظیم.



ب الف

د ج

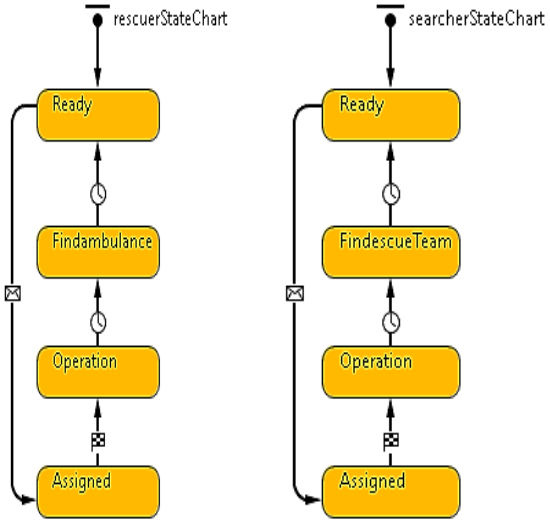
شکل (۹): آماره‌های مورد بحث در ارتباط با هواپیماهای موجود الف) زمان شروع عملیات ، ب) مسافت از مبدأ ، ج) تعداد وظایف ایجادشده، د) تعداد بمب‌های ریخته شده توسط هر کدام از هواپیماها.

شکل (۱۰): لحظه اصابت بمب و محاسبه نفرات فوت کرده و مصدوم شده.

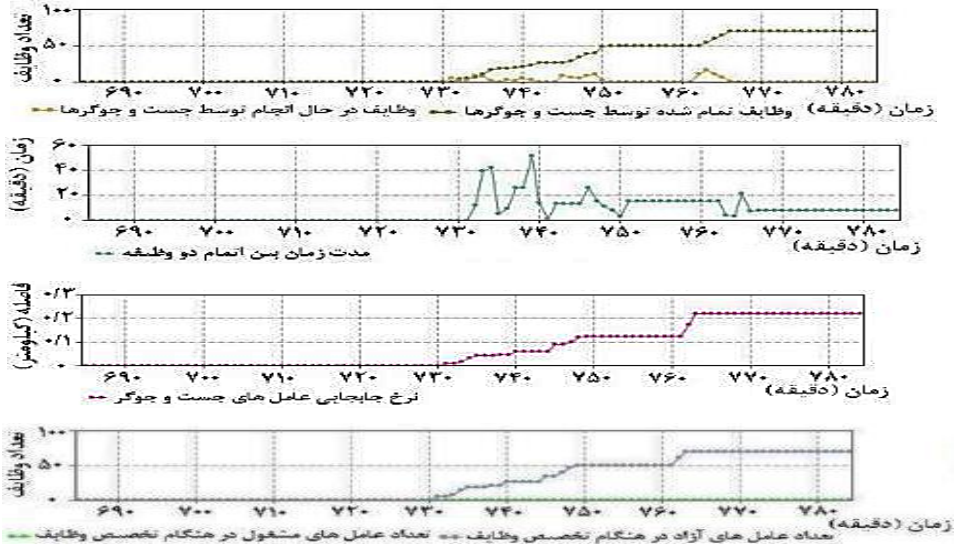
با برآورد میزان خسارات صورت گرفته ناشی از حمله هوایی و متناسب با فاصله‌ای که جمعیت از منطقه‌ی بمباران قرار دارند، تعداد نفرات فوت کرده و آسیب‌دیده تخمین زده می‌شود. نفراتی که فوت کردن به رنگ سیاه تغییر رنگ می‌دهند و افراد مصدوم به رنگ نارنجی تغییر می‌کنند (شکل ۱۰).

هر عامل جست‌وجوگر برای خود یک لیست وظایف دارد و تمامی وظایفی که در مناقصه در فضای مطالعاتی برنده می‌شوند را درون لیست قرار می‌دهند. برای برنده شدن در مناقصه که توسط روش پروتکل قرارداد شبکه انجام می‌شود، مقادیر ورودی از عامل‌های کناری بررسی‌شده و مسافتی که عامل باید برای رسیدن به منطقه و انرژی که قرار است صرف کند کمینه می‌شود. بعد از مرحله‌ی فوق عامل جست‌وجوگر، 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 m^2، ۰/۵ ثانیه). بعد از یافتن اولین مصدوم با استفاده از پروتکل قرارداد شبکه برای مصدوم پیدا شده به دنبال تیمی از عامل‌های آزادساز می‌گردد. لذا به تیم‌هایی که در محدوده‌ی عملیاتی هستند خبر می‌دهد و منتظر پاسخ گروه‌های مربوطه می‌ماند. مراحل کاری عامل جست‌وجوگر و آزادساز در شکل (۱۱) نمایش داده شده است. مجموعه آماره‌هایی که برای عامل جست‌وجوگر تعبیه‌شده همانند شکل (۱۲) می‌باشد.



شکل (۱۱): نمودار وضعیت کاری: (الف) عامل جست‌وجوگر، (ب) عامل آزادساز.



شکل (۱۲): آماره‌های مورد بحث در عامل‌های جست‌وجوگر: (الف) تعداد وظایف در حال اجرا و تمام‌شده برای عامل جست‌وجوگر، (ب) مدت‌زمان بین تمام شدن دو وظیفه، (ج) میزان جابه‌جایی عامل‌ها، (د) تعداد وظایف موجود در زمان تخصیص با توجه به آزاد بودن عامل.

در این مرحله عامل جست‌وجوگر بر اساس منطق قانون‌مبنای خود و مناقصه‌ای که بین عامل‌های آزادساز برقرار می‌کند تیم منتخب را مشخص کرده و کار آزادسازی به آن عامل آزادساز واگذار می‌کند. گروه آزادساز نیز وضعیت خود را به حالت انجام وظیفه تغییر داده و به آزادسازی می‌پردازد. لذا بعد از فرآیند نجات با استفاده از پروتکل قرارداد شبکه گروه آزادساز، گروهی از تیم‌های پزشکی را برای مداوا و انتقال عامل مصدوم به مرکز می‌یابد. برای گروه‌های آزادساز و تیم پزشکی نیز آماره‌هایی همانند موارد تعیین‌شده برای عامل‌های جست‌وجوگر تعریف شدند.

هدف اصلی چنین سامانه‌های شبیه‌سازی ایجاد سناریو قبل از حمله می‌باشد. در جدول (۴) برخی از سناریوهای ایجادشده و نتایج آن‌ها ارائه‌شده است. هر سناریو به صورت تصادفی ۱۰ بار اجرا شد. در هر سناریو توزیع عامل‌ها به‌صورت تصادفی صورت گرفت. موقعیت مکان‌های مورد حمله، در اطراف زیرساخت‌ها با اولویت ۱ انتخاب شد.

جدول (۴): سناریوهای ایجادشده در سامانه شبیه‌ساز و نتایج آن‌ها.

سناریو	تعداد بمباران	نیروهای جست‌وجوگر	نیروهای آزادساز	تیم پزشکی	مدت‌زمان عملیات (دقیقه)	افراد فوت‌شده
۱	۲۰	۵۰	۵۰	۱۵	۱۹۲	۴۶
۲	۲۰	۱۰۰	۱۰۰	۳۰	۱۳۵	۴۲
۳	۳۰	۵۰	۵۰	۱۵	۲۶۸	۵۴
۴	۳۰	۱۰۰	۱۰۰	۳۰	۱۸۳	۵۰
۵	۴۰	۵۰	۵۰	۱۵	۳۵۲	۷۳
۶	۴۰	۱۰۰	۱۰۰	۳۰	۲۲۹	۶۸

بدیهی است که با افزایش تعداد بمب‌های ریخته شده توسط جنگنده‌ها مدت‌زمان عملیات امداد و نجات و تعداد افراد فوت‌شده افزایش می‌یابد. تعداد نیروهای امدادی رابطه معکوسی با زمان عملیات و تعداد افراد فوت‌شده دارد. با دو برابر کردن تعداد نیروهای امدادی به‌طور متوسط زمان عملیات ۸۸ دقیقه و به عبارت بهتر ۴۷ درصد کاهش می‌یابد. این کاهش در تعداد نفرات فوت‌شده ۵ نفر و به عبارتی ۹ درصد است. اعداد نشان می‌دهد که افزایش تعداد گروه‌های امداد و نجات تأثیر زیادی در زمان عملیات امداد و نجات دارد اما در تعداد نفرات فوت‌شده تأثیر قابل‌توجهی ندارد. تعداد نفرات فوت‌شده تأثیر مستقیمی از تعداد بمب‌های ریخته شده توسط جنگنده‌ها می‌گیرند. با توجه به این‌که مدت‌زمان عملیات امداد و نجات کمتر از عملیاتی همچون زلزله می‌باشد، عموماً تعداد افراد فوت‌شده در هنگام اصابت بمب بخش اصلی در تعداد نفرات فوت‌شده را دارد، و تعداد افراد فوت‌شده به دلیل کاهش انرژی و طولانی شدن عملیات امداد و نجات اندک می‌باشد.

۶- نتیجه‌گیری

در این مطالعه نمونه شبیه‌سازی مکانی برای مدل‌سازی عملیات امداد و نجات برای حملات هوا پایه و مدل‌سازی فرآیندها و تعاملات مربوطه به گروه‌های جست‌وجوگر، آزادساز و تیم پزشکی گسترش داده شد. این نمونه‌ی اولیه[1] ابزاری کاربر- کنترل، برای بررسی تعاملات بین گروه‌های جست‌وجوگر، آزادساز و تیم پزشکی مهیا نمود.

این تحقیق نشان‌دهنده ارزش استفاده از سامانه‌های چندعاملی در طراحی سامانه شبیه‌ساز عملیات امداد و نجات و نقش آن در پدافند غیرعامل می‌باشد. سیستم‌های عامل‌مبنا توانایی مدل‌سازی اجزاء تصمیم‌گیر را همراه با در نظر گرفتن تعاملات میان آن‌ها دارند و می‌توانند مشارکت گروه‌های مختلف بر روی تصمیم‌گیری‌ها را مدل‌سازی کرده و راه‌کاری جهت مطالعه عملیات امداد و نجات فراهم نمایند. با نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان در حین حملات هوا پایه و یا با شبیه‌سازی شرایط حمله تصمیمات لازم جهت مواجه‌شدن با بحران را اتخاذ کرد. در این بررسی مشاهده شد که در حل مسئله هماهنگ‌سازی سیستم‌های چندعاملی، استفاده از پروتکل قرارداد شبکه به عنوان ابزار هماهنگی و تخصیص وظایف، سبب بهبود رفتار سیستم شده و نتایج قابل‌توجهی در زمینه‌ی ایجاد هماهنگی میان عوامل یک سیستم چندعاملی را موجب می‌شود.

نقشه اولویت‌های زیرساختی ایجاد شده برای منطقه ۳ تهران نشان داد که ۲۱ درصد از زیرساخت‌های منطقه (۳۰۲ بلوک) در اولویت ۱ حمله دشمن و به ترتیب ۱۸، ۲۹، ۲۲ و ۱۰ درصد در اولویت‌های ۲ تا ۵ قرار دارند. در تهیه این نقشه موقعیت مکان‌های نظامی و امنیتی موجود در منطقه جهت رعایت مباحث حفاظت اطلاعات گنجانده نشد، اما رویکرد ارائه شده قابل انطباق و لحاظ لایه‌های داده‌ای محرمانه می‌باشد. با ایجاد سامانه شبیه‌ساز مشاهده شد که با دو برابر کردن تعداد نیروهای امدادی به‌طور متوسط زمان عملیات ۴۷ درصد و تعداد نفرات فوت‌شده ۹ درصد کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که افزایش تعداد گروه‌های

[1] Prototype

امداد و نجات تأثیر زیادی در زمان عملیات امداد و نجات دارد اما در تعداد نفرات فوت‌شده تأثیر قابل‌توجهی ندارد. تعداد نفرات فوت‌شده تحت تأثیر مستقیم تعداد بمب‌های ریخته شده توسط جنگنده‌ها قرار دارد.

اگرچه مدیریت عملیات امداد و نجات در حملات هوا پایه امری پیچیده و پیش‌بینی آن دشوار است، 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. علاوه بر آن، GIS به‌عنوان بستری مناسب برای آماده‌سازی محیط عامل‌ها، مدل‌سازی رفتار آن‌ها و تحلیل نتایج به‌دست‌آمده از فعالیت آن‌ها، قابلیت‌های خود را اثبات نمود. مدل ایجاد شده در این پژوهش، با توجه به دارا بودن شاخص‌های متعدد و مؤثر برای وفق یافتن با محیط، انعطاف‌پذیر بوده، و نظر به کسب نتایج مطلوب توسط آن، قابلیت استفاده در سایر مناطق را دارد.

در تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود شبیه‌سازی سامانه عملیات امداد و نجات بعد از حملات هواپایه در گستره شهر تهران به منظور مدیریت یکپارچه کل شهر و شبیه‌سازی سایر گروه‌های دخیل در عملیات امداد و نجات با اطلاعات دقیق شهری مد نظر قرار بگیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود از روش‌های تشکیل ائتلاف در تلفیق با روش پروتکل قرارداد شبکه (CNP) به منظور هماهنگی بین گروه‌های کاری استفاده و نتایج آن با نتایج تحقیق حاضر مقایسه شود.

۷- مراجع

1. F. Taillandier, P. Taillandier, E. Tepeli, D. Breysse, R. Mehdizadeh, and F. Khartabil, “A Multi-Agent Model to Manage Risks in Construction Project (SMACC),” Automat. Constr., vol. 58, pp. 1-18, 2015.
2. H. Aghammohammadi, M. S. Mesgari, and R. Nourju, “Spatial Modeling for Earthquake Crisis Damage Reduction in Iran,” Geopatial Information Systems Conference, 2005. (In Persian)
3. M. Sharifi Sade, “Team Building and Teamwork in Rescue Operations (with Emphasis on Search and Rescue Teams),” Institute of Higher Education Crescent Iran, pp. 1-160, 1391. (In Persian)
4. O. Kwon, G. P. Im, and K. C. Lee, “MACE-SCM: A Multi-Agent and Case-Based Reasoning Collaboration Mechanism for Supply Chain Management under Supply and Demand Uncertainties,” Exoert. Syst. Appl., vol. 33, no. 3, pp. 690-705, 2007.
5. G. I. Hawe, G. Coates, D. T. Wilson, and R. S. Crouch, “Agent-Based Simulation of Emergency Response to Plan the Allocation of Resources for a Hypothetical Two-Site Major Incident,” Eng. Appl. Artif. Intel., vol. 46, pp. 336-345, 2015.
6. N. Hooshangi, and A. A. Alesheikh, “Agent-Based Task Allocation under Uncertainties in Disaster Environments: An Approach to Interval Uncertainty,” Int. J. Disast. Risk Re., vol. 24, pp. 160-171, 2017.
7. D. Fecht, L. Beale, and D. Briggs, “A GIS-based Urban Simulation Model for Environmental Health Analysis,” Environ. Model Softw., vol. 58, pp. 1-11, 2014.
8. N. Hooshangi and A. A. Alesheikh, “Developing an Agent-Based Simulation System for Post-Earthquake Operations in Uncertainty Conditions: A Proposed Method for Collaboration among Agents,” ISPRS Int. GEO-INF, vol. 7, no. 1, p. 27, 2018.
9. N. T. N. Anh, J. D. Zucker, N. H. Du, A. Drogoul, and V. D. An, “Hybrid Equation-Based and Agent-Based Modeling of Crowd Evacuation on Road Network,” Proc. ICCS, 2012.
10. A. Y. Grinbergerand D. Felsenstein, “Dynamic Agent Based Simulation of Welfare Effects of Urban Disasters,” Comput. Environ. Urban, vol. 59, pp. 129-141, 2016.
11. T. Takahashi, S. Tadokoro, M. Ohta, and N. Ito, “Agent Based Approach in Disaster Rescue Simulation From Test-Bed of Multiagent System to Practical Application,” RoboCup 2001: Robot Soccer World Cup V., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002.
12. M. Choi, R. Starbuck, S. Lee, S. Hwang, S. Lee, M. Park, and H. S. Lee, “Distributed and Interoperable Simulation for Comprehensive Disaster Response Management in Facilities,” Automat Constr., vol. 93, pp. 12-21, 2018.
13. C. Fikar, P. Hirsch, and P. C. Nolz, “Agent-Based Simulation Optimization for Dynamic Disaster Relief Distribution,” Cent. Eur. J. Oper. Res., vol. 26, no. 2, pp. 423-442, 2018.
14. O. Shehory and S. Kraus, “Methods for Task Allocation via Agent Coalition Formation,” Artificial Intelligence, vol. 101, no. 1, pp. 165-200, 1998.
15. A. Edrissi, H. Poorzahedy, H. Nassiri, and M. Nourinejad, “A Multi-Agent Optimization Formulation of Earthquake Disaster Prevention and Management,” Eur. J. Oper. Res., vol. 1, no. 229, pp. 261-275, 2013.
16. J. Wu, “Contract net protocol for coordination in multi-agent system,” Intelligent Information Technology Application, Second International Symposium on IITA'08, 2008.
17. L. F. Bertuccelli, H.-L. Choi, P. Cho, and J. P. How, “Real-Time Multi-UAV Task Assignment in Dynamic and Uncertain Environments,” Presentado al AIAA Guidance, Navigation and Control Conference, Chicago, Illinois, 2009.
18. H. Lee, and K. al-yafi, “Centralized Versus Market-Based Task Allocation in the Presence of Uncertainty,” EKC2009 Symposium Information, EU-Korea, 2010.

19. J. Wang, Y. Gu, and X. Li, "Multi-Robot Task Allocation Based on Ant Colony Algorithm," Journal of Computers, vol. 7, no. 9, pp. 2160-2167, 2012.
20. S. C. Botelho and R. Alami, "M+: A Scheme for Multi-Robot Cooperation through Negotiated Task Allocation and Achievement," IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1999.
21. H.-L. Choi, L. Brunet, and J. P. How, "Consensus-Based Decentralized Auctions for Robust Task Allocation," IEEE Transactions on Robotics, vol. 25, no. 9, pp. 912-926, 2009.
22. D. Di Paola, D. Naso, and B. Turchiano, "Consensus-Based Robust Decentralized Task Assignment for Heterogeneous Robot Networks," Proceedings of the 2011 American Control Conference IEEE, 2011.
23. J. Chen and D. Sun, "Coalition-Based Approach to Task Allocation of Multiple Robots with Resource Constraints," IEEE T Autom. Sci. Eng., vol. 9, no. 3, pp. 516-528, 2012.
24. Z. Xiao, S. Ma, and S. Zhang, "Learning Task Allocation for Multiple Flows in Multi-Agent Systems," International Conference on Communication Software and Networks, 2009.
25. D. D. Corkill, "Blackboard Systems," AI expert., vol. 6, no. 9, pp. 40-47, 1991.
26. X. Su, M. Zhang, and Q. Bai, "Coordination for Dynamic Weighted Task Allocation in Disaster Environments with Time, Space and Communication constraints," J. Parallel Distr. Com., vol. 97, pp. 47-56, 2016.
27. N. Hooshangi and A. A. Alesheikh, "Developing an Agent-Based Simulation System in Rescue Operation," Scientific Research Quarterly of Geographical Data, vol. 26, no. 103, pp. 59-70, 2017. (In Persian)
28. E. Mavedat and S. Maleki, "Urban Vulnerability Zoning with Passive Defense Approach and VIKOR Modeling, Case Study: Ahvaz Metropolitan Area," Passive Defence Quarterly, vol. 10, no. 3, pp. 63-74, 2020. (In Persian)
29. A. H. Abdollahzadehand S. Shahriar, "Location of Risk Zones in Water Network Systems Quality Crisis With GIS, AHP Approach Case Study: Water Network Of Tehran," Passive Defense Quarterly, vol. 9, no. 4, pp. 1-15, 2019. (In Persian)
30. H. G. Biurani, "Determination and Application of TOPSIS Multi-Criteria Decision Model for Urban Areas in Terms of Ranking Jam and Delinquency," Detective, val. 2, no. 8, pp. 131, 2009.
31. J. Jiang, Y. W. Chen, Y. W. Chen, and K. W. Yang, "TOPSIS with Fuzzy Belief Structure for Group Belief Multiple Criteria Decision Making," Expert. Syst. Appl., vol. 38, no. 8, pp. 9400-9406, 2011.

Agent-Based Rescue Simulation During Airstrikes with an Emphasis on Task Allocation Between Groups

N. Hooshangi*, H. Rostami

Abstract

Multi-agent systems (MASs) provide the possibility of prediction in critical situations by simulating the components of a complex system as intelligent agents and implementing its decision-making parameters. The main objective of this paper is to simulate the search and rescue operations for airstrikes (simulation of search, rescue and medical agents) and to increase the effectiveness of rescue teams in critical situations. Implementation of this system was carried out in district 3 of Tehran in three main phases: 1) prioritization of the area with the technique for the order of preference by similarity to the ideal solution (TOPSIS) in the GIS environment, 2) simulating the operating environment and establishing cooperation between the rescue groups by the AnyLogic software, and 3) creating scenarios and analyzing the different results. The infrastructure priorities' map showed that 21 percent of the city's blocks in the region were priority number one to enemy air attack and the other 18, 29, 22 and 10 percentages were in the second to fifth priorities, respectively. Implementation of a simulator system revealed that, by doubling the number of rescue forces in different scenarios, the average time of operation was decreased by 47% and the number of fatalities decreased by 9%. The results indicate the value of using multi-agent systems in designing a search and rescue simulator system and modeling the decision-making components. The output of this article can be used to manage, decide, and predict the extent of the damage caused by air attacks.

Key Words: *Airstrikes, Geospatial Information System, Agent-Based Simulation, Cooperation Between Agents*

* Arak University of Technology (hooshangi@arakut.ac.ir)- Writer-in-Charge