Archive of SID

مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)/ دورهٔ ۶، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۸/ ص ۱۲۹-۱۱۷
DOI: 10.22059/jhsci.2019.283168.476

ارائهٔ راهکاری مکان‌مند به‌منظور بهبود مدیریت امداد و نجات پس از زلزله

ناهید بهرامی (nd.bahrami@ut.ac.ir)
دانشجوی دکتری، سنجش از دور و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

میثم ارگانی*
استادیار، گروه سنجش از دور و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

محمدرضا جلوخانی نیارکی (Mrjelokhani@ut.ac.ir)
استادیار، گروه سنجش از دور و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

علیرضا وفائی‌نژاد (a_vafaei@sbu.ac.ir)
دانشیار، دانشکدهٔ مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۳/۱۹- تاریخ پذیرش ۱۳۹۸/۶/۲۵)

چکیده

زلزله، بحران و بلای طبیعی تقریباً پیش‌بینی‌ناپذیری است که همه‌ساله انسان‌های زیادی به خسارات جبران‌ناپذیر جانی و مالی آن دچار می‌شوند. مدیریت این‌گونه بحران‌ها هم به پیش از وقوع آنها مربوط می‌شود و هم به پس از آن. امداد و نجات، جزء مراحلی در وقوع حوادث است که می‌توان با مطالعه و بررسی آن پیش از وقوع به راهکاری برای بهبود عملکرد گروه‌های امداد و نجات در هنگام بحران رسید. در این پژوهش با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات مکانی و الگوریتم ازدحام ذرات و شبیه‌سازی زلزله‌ای فرضی، راهکاری برای مدیریت بهینه گروه‌های امداد و نجات در وقوع زلزله پیشنهاد می‌شود. در این روش، زلزله‌ای فرضی در تهران شبیه‌سازی شد و ۳۲ امدادرسان در قالب چهار گروه عملیاتی در ۱۴۸ مجتمع مسکونی در محدودهٔ تحقیق به انجام وظیفه پرداختند. امدادگران با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات در یک سیستم اطلاعات مکانی، به‌گونه‌ای به فعالیت‌های امداد و نجات اختصاص یافتند که در زمان کمتری، امداد و نجات بیشتر و نیز کارامدتر نسبت به حالت تجربی و سنتی انجام دهند. استفاده از این الگوریتم برای بهینه‌سازی شبیه‌سازی‌ها و نیز اجرای ساختار علمی و عملی فعالیت‌ها و گروه‌های عملیاتی امداد و نجات، راهکاری نوین برای بهبود کیفیت امداد و نجات پس از زلزله خواهد بود. نتایج اجرای الگوریتم پیشنهادی این پژوهش، بهبود حدود دوبرابری تخصیص صورت‌پذیرفته را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم ازدحام ذرات، امداد و نجات، زلزله، مدیریت بحران، مکانمند.

* نویسندهٔ مسئول
Email: argany@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

حوادث طبیعی از موضوع‌هایی است کـه بیشـتر شـهرهای بـزرگ جهـان بـا آنهـا رودرروی‌انـد. غیرمترقبه بودن بیشتر حوادث طبیعی و لـزوم تصـمیم‌گیـری‌هـای سـریع و صـحیح و اجـرای عملیات، فرایند و دانشی با عنوان «مـدیریت بحـران» را ایجـاد مـی‌کنـد کـه شـامل مجموعـه فعالیت‌های قبل، بعد و هنگام وقوع حوادث، برای کاهش تأثیرات و آسیب‌پذیری احتمالی ناشـی از آنهاست [۵].

مدیریت بحران مجموعه‌ای از فعالیت‌های اجرایی و تصمیم‌گیری‌هـای مـدیریتی در مراحـل مختلف و همهٔ سطوح بحران، به‌منظور نجات، کاهش ضایعات و خسارات، جلوگیری از وقفـه در زندگی، حفظ محیط زیست و بالاخره مقابله بـا بحـران‌هـا و تـرمیم و بازسـازی خرابـی‌هاسـت. بنابراین اگر مدیریت سوانح را تدبیر امور به‌منظور پاسخگویی به نیازها و کاستن از رنج انسان‌هـا و وارد شدن خسارات به اموال و دارایی‌های مردم بدانیم، انجام دادن تمامی امـور و اقـدامات در این راستا مستلزم بر عهده گرفتن نقش‌های کنشگرانه توسط گروه‌های عملیاتی است [۳].

از این‌رو، با توجه به اهمیت امداد و نجات و ساختار گروه‌های عملیاتی و مـدیریت صـحیح و کارامد آنها در زمان وقوع حوادث از جمله زلزله و اهدافی مانند حفظ جـان و مـال انسـان‌هـای حادثه‌دیده که مدنظر است، در این پژوهش سعی شده گامی مـؤثر در زمینـهٔ مقابلـه بـا بحـران زلزله برداشته شود. تخصیص صحیح امدادگران به فعالیت‌ها ضرورتی در راستای بهبود عملیـات امداد و نجات است که برای دستیابی به این مهم، ابتدا فعالیت‌های موجود در زمان وقوع زلزلـه بررسی و اطلاعات جامعی از شیوهٔ امداد و نجات پس از زلزله به‌دست آمد.

به جهت تخصیص افراد، با مشخص کردن اطلاعات فردی و تخصصی امدادگران، شبیه‌سازی بحران و فعالیت‌های لازم برای فرایند امداد و نجات، اسـتفاده از روش‌هـای بهینـه‌سـازی بـا در نظرگیری شرایط این پژوهش می‌تواند در بهبود و کارایی امدادرسانی پس از زلزلـه مـؤثر باشـد. در این راستا، با توجه به روابط غیرخطی این پژوهش برای تخصیص امدادگران به فعالیـت‌هـا و با عنایت بـه پـژوهش‌هـای پیشـین و سـاختار الگـوریتم‌هـای مختلـف بهینـه‌سـازی، الگـوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای حل مسئله تخصـیص بـه‌عنـوان روش مناسـب در ایـن پـژوهش انتخاب شد.

روش‌های بهینه‌سازی برای تخصیص منابع و امکانات، در میان سـایر محققـان از محبوبیـت و جایگاه خاصی برخوردار است که در ادامه به برخی از تحقیقات اشاره شـده اسـت. در تحقیقـی در سال ۲۰۱۸، الگوریتم PSO مبتنی بر آنتروپی در زمینهٔ مسئلهٔ زمان‌بندی کار ارائـه شـد [۱۵]. در

www.SID.ir

Archive of SID

سال ۲۰۱۶ پژوهشی با هدف تخصیص وظایف بهینه مبتنی بر الگوریتم ازدحام ذرات برای زمان‌بندی در فعالیت‌های مشارکتی انجام گرفت [۱۴]. همچنین برای تخصیص منابع برای یک سیستم چندکاربره، از الگوریتم شبیه‌سازی بازپخت با ترکیب الگوریتم ژنتیک استفاده شد [۱۷]. از یک الگوریتم زمان‌بندی چندهدفه برپایهٔ الگوریتم فاخته به‌منظور تخصیص وظایف در سیستم‌های ناهمگن استفاده شد [۱۱]. در پژوهشی دیگر، از الگوریتم فاخته برای بهینه‌سازی مسیریابی در یک شبکهٔ شهری استفاده شد [۲]. در سال ۲۰۱۵ در تحقیقی از الگوریتم ترکیبی بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جست‌وجوی محلی برای تخصیص منابع استفاده شد [۱۸]. الگوریتمی توزیع‌یافته مبتنی بر PSO برای تخصیص وظایف پویا میان انبوه ربات‌ها ارائه شد [۲۱]؛ از PSO برای تخصیص وظایف دوسطحی نیز استفاده شده است [۲۳]. محققان با چارچوبی از PSO تودرتو به زمان‌بندی وظایف چندهدفه در محیط‌های ابری پرداختند [۱۶]. در سال ۲۰۱۴ الگوریتم جامعهٔ مورچگان به‌منظور هماهنگی بهتر گروه‌های نجات در مدیریت بحران به‌کار گرفته شد [۱۹]. در سال ۲۰۱۲ راسخ و وفائی‌نژاد از نظریهٔ صف با مدل چندکاناله با زمان سرویس‌دهی نمایی برای برنامه‌ریزی گروه‌های امداد و نجات زلزله استفاده کردند [۲۲]. محققان از PSO ترکیبی برای مکان‌یابی سکونتگاه [۲۶] و از PSO و تکنیک‌های بهینه‌سازی چندهدفه برای تخصیص زمین‌های روستایی در منطقه‌ای نیمه‌خشک در چین استفاده کردند [۱۳].

استفاده از یک سیستم اطلاعات مکانی نیز برای مدلسازی، نمایش و به‌هنگام‌سازی اطلاعات نیروها، فعالیت‌ها و شرایط منطقه وقوع زلزله، برای مدیریت بهینه نیروها [۱] و اهمیت مکان و زمان در مسئلهٔ این پژوهش مناسب است. برخلاف برنامه‌ریزی، آماده‌سازی و پیشگیری، مقابله و واکنش نشان دادن به سانحه، به انتقال حجم وسیعی از اطلاعات به تعداد زیادی از افراد، به صورت قابل استفاده و در اسرع وقت نیاز دارد. با توجه به قرارگیری امداد و نجات در فاز مقابله از بحران، قابلیت‌های پردازش و نمایش داده‌ها از جمله توانمندی‌های سیستم‌های اطلاعات مکانی است که چنین امکاناتی را فراهم می‌کند [۶].

در بخش مبانی نظری تحقیق حاضر، وظایف گروه‌های امداد و نجات و مدیریت عملیات امدادرسانی و نجات و نیز مبانی الگوریتم ازدحام ذرات بیان شده است. در قسمت روش اجرا به ارائهٔ نظریهٔ مدل پیشنهادی این پژوهش پرداخته و پس از آن مراحل اجرای مدل پیشنهادی در یک سیستم اطلاعات مکانی ذکر شده و تصاویر مراحل مختلف اجرا نمایش داده شده است. در نهایت به اختصار، مطالب مقالهٔ حاضر جمع‌بندی و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های دیگر محققان در آینده، ذکر و در پایان همهٔ منابع مطالعاتی تحقیق حاضر در بخش مراجع آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

مبانی نظری

امداد و نجات

بررسی وظایف امدادرسانان

در این بخش به بررسی وظایف امدادرسانان در بحران زلزله و نکات مهم در فرایند امدادرسانی زلزله پرداخته می‌شود. برخی اشخاص جست‌وجو و نجات را شامل چهار جزء مکان‌یابی، ارزیابی، تثبیت و انتقال می‌دانند [۱۰]. ابتدا مکان‌یابی و رهاسازی افراد و سپس ارزیابی پزشکی و در صورت نیاز به‌کارگیری کمک‌های اولیه، درمان اضطراری (تثبیت) و انتقال به مراکز درمانی انجام می‌گیرد. برخی فعالیت‌ها در عملیات جست‌وجو و نجات شامل موارد زیر است [۹]:

- پیدا کردن افراد گمشده؛
- تعیین محل تقریبی مفقودشدگان؛
- اجرای عملیات نجات و آزادسازی افراد گیرافتاده و مجروح؛
- تأمین و برقراری مراقبت‌های اولیه تا زمان رسیدن کمک‌های پزشکی بیشتر؛
- انتقال افراد نجات‌یافته از منطقهٔ خطر به مراکز درمانی برای مداوای بیشتر.

مدیریت عملیات جست‌وجو و نجات

برای تضمین موفقیت عملیات جست‌وجو و نجات در مناطق شهری باید بسیار با دقت انجام وظیفه کرد. هفت مرحله در عملیات جست‌وجو و نجات مطرح است که افراد نجاتگر باید آنها را در نظر داشته باشند [۹]:

۱. جمع‌آوری اطلاعات: یکی از اولین اقداماتی که باید انجام گیرد، بررسی و ارزیابی موقعیت است؛ مانند: تعداد آسیب‌دیدگان احتمالی، نوع و قدمت ساختمان‌ها، وجود مخاطرات ثانویه نظیر شکستگی لوله‌های گاز، خطوط فرو افتاده برق و ... ؛

۲. ارزیابی میزان خسارات: با نگاه از زوایای مختلف ساختمان‌ها بررسی می‌شوند.

۳. شناسایی منابع و دستیابی به آنها: این مرحله شامل دسترسی به امکانات، تجهیزات و کارکنان لازم است.

۴. اولویت‌بندی: شامل تشخیص وضع اضطراری و اطمینان از وجود ایمنی برای تداوم عملیات جست‌وجو و نجات است.

۵. طراحی برنامهٔ نجات: در این قسمت موارد زیر مشخص می‌شوند:

- چه کسی یا چه کسانی وارد ساختمان خواهند شد؟
- برای یافتن و نجات افراد زیر آوار مانده چه کاری می‌توان انجام داد؟

www.SID.ir

Archive of SID

- امنیت نیروهای امدادی و افراد زیر آوار مانده چگونه تضمین خواهد شد؟

۶. هدایت عملیات جست‌وجو و نجات: جست‌وجو برای افراد زیر آوار مانده و گیرافتاده با روش‌هایی نظیر پرسیدن با صدای بلند، تحت پوشش گرفتن تمام ساختمان، جست‌وجو از بالا به پایین یا برعکس، نگاه به آوارها از زوایای مختلف به‌منظور اشراف کافی به اوضاع، هر چند وقت یک‌بار گوش دادن به صدای تنفس، صحبت و ... (هر گونه صدایی که دال بر وجود فردی زنده باشد)؛

۷. ارزیابی سیر پیشرفت: باید همواره موقعیت را بررسی کرد تا میزان پیشرفت برنامه نجات سنجیده و از بروز هرگونه آسیب به نیروهای امدادی جلوگیری شود.

بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO[1])

اولین بار کندی و ابرهارت پس از شبیه‌سازی رفتار اجتماعی پرندگان در سال ۱۹۹۵ روش بهینه‌سازی گروه ذرات را ارائه دادند. اجزای یک گروه از یک رفتار ساده تبعیت می‌کنند. بدین نحو که هر عضو از گروه از موفقیت سایر همسایگان تقلید می‌کند. هدف از این‌گونه الگوریتم‌ها این است که اعضای گروه در فضای جست‌وجو حرکت کنند و در یک نقطهٔ بهینه (مانند منبع غذا) جمع شوند. PSO برپایهٔ تکرار با تأکید بر همکاری بنا شده و تا حدی تصادفی است و نیز برای حل مسائل پیوسته و گسسته و غیرخطی کاربرد دارد [۲۰]. PSO یک شبیه‌سازی از رفتار اجتماعی پرندگان است. در این مدل پرندگان به‌صورت تصادفی در یک فضای جست‌وجو قرار داده می‌شوند.

این الگوریتم شامل تعدادی المان است که دارای موقعیت و سرعت هستند و به عنوان ذره در نظر گرفته می‌شوند. در الگوریتم انبوه ذرات، ذرات به‌سمت موقعیت‌هایی در فضا می‌روند که تابع بهینگی بیشتری دارد. هر ذره یک حافظه دارد و حرکت آن ترکیبی از حرکت کنونی خود، حرکت به‌سوی بهترین موقعیتی که تاکنون خود ذره مشاهده کرده است و نیز حرکت به‌سوی بهترین موقعیت تمام ذره‌هاست. این الگوریتم یک تابع ارزیاب بهینگی دارد که براساس آن به موقعیت هر ذره، یک بهینگی تعلق می‌گیرد. در این الگوریتم هر ذرهٔ i دارای موقعیت x_i و سرعت v_i (مسافتی که یک ذره از یک موقعیت تا موقعیت بعدی حرکت کرده است) است که در هر تکرار به‌روز می‌شود. سرعت از رابطهٔ ۱ [۲۱] محاسبه می‌شود.

$$v_i = wv_i + c_1\vec{\varphi}_{1i}\left(\vec{p}_i - \vec{x}_i\right) + c_2\vec{\varphi}_{2i}\left(\vec{p}_g - \vec{x}_i\right) \quad (1)$$

1. Particle Swarm Optimization

www.SID.ir

Archive of SID

w وزن داخلی است و از پارامترهایی است که برای بهبود عملکرد این الگوریتم از آن استفاده می‌شود، p_i بهترین موقعیت ذره و p_g بهترین موقعیت کلی است که توسط کل توده کشف شده است. وزن‌های φ_1 و φ_2در هر مرحله به‌طور تصادفی برای اجزای ذرات ایجاد می‌شود. c_1 و c_2 پارامترهای مثبت ثابتی هستند که ظرایب شتاب نامیده می‌شوند (حداکثر گامی را مشخص می‌کند که ذرات می‌توانند کسب کنند). وزن داخلی w تأثیر مقدار سرعت قبلی بر سرعت کنونی را کنترل می‌کند. انتخاب مناسب وزن داخلی و ظرایب شتاب، تعادلی بین جست‌وجوی کلی و بهینگی محلی به وجود می‌آورد. موقعیت ذره براساس رابطهٔ ۲ در هر مرحله با اضافه کردن بردار سرعت به بردار موقعیت، به‌روز می‌شود [۴].

$$\vec{x}_i = \vec{x}_i + \vec{v}_i \qquad (۲)$$

روش‌شناسی

برای دستیابی به مدیریت بهینهٔ نجات، تعامل متقابل[1] ضرورت دارد [۲۵]. بررسی‌ها مشخص کرده که پارامترهایی به نام مدت زمان زنده ماندن در زیر آوار، مدت زمان، فاصلهٔ افراد تا مکان فعالیت‌ها، سرعت افراد هنگام حرکت به‌سمت هدف، و نیز احتمال موفقیت یک امدادرسان در انجام وظیفهٔ محوله بسیار اهمیت دارد. در منابع مختلف، رابطه‌ای برای احتمال موفقیت امداد و نجات بیان شده است [۲۰، ۸، ۷]، در نهایت تابع هدف حل مسئلهٔ تخصیص در این پژوهش برای انجام فعالیت‌ها به‌شکل زیر (رابطهٔ ۳) پیشنهاد می‌شود که یک رابطهٔ غیرخطی پیوسته است. براساس مطالعات، روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات توانایی‌ها حل این‌گونه توابع را دارد و در نتیجه، رابطهٔ ۳ به‌عنوان تابع هدف این الگوریتم تعیین شد و پاسخ‌های اجرای الگوریتم مذکور، که همان تخصیص افراد به فعالیت‌ها در این پژوهش است بهینه می‌شود:

$$\text{Cost} = (1/\text{MaxInjured}) * (e^{-\text{Search speed} \times \text{Search time} \times \text{Spacing} / \text{Area Assigned}}) \qquad (۳)$$

در روابط بالا، همهٔ پارامترها باید از یک واحد یا دیمانسیون تبعیت کنند [۲۴]، *MaxInjured* بیشترین تعداد مجروح در بین مجروحان هر سازهٔ مسکونی، *AreaAssigned* مساحت تخصیص یافته است [۲۰] که در این پژوهش همان مساحت ناحیه‌ای است که فعالیت در آن قرار دارد. *Spacing* فاصلهٔ امدادرسان تا محل فعالیت و *Search time* و *Search speed* هم به‌ترتیب مدت زمان فعالیت و سرعت امدادرسانان است. اگر امدادگری به منطقه‌ای

1. close interaction

www.SID.ir

Archive of SID

که تخمین زده می‌شود ۲ نفر زیر آوار هستند اعزام شود، مدت زمان فعالیت‌ها در عدد ۲ ضرب خواهد شد. نیز بدیهی است که هزینهٔ نهایی فعالیتی که برای آن به چند نفر احتیاج است، از حاصل جمع هزینهٔ تک‌تک افرادی که آن فعالیت را انجام می‌دهند، به‌دست خواهد آمد.

یافته‌ها

با توجه به ماهیت فعالیت‌های گروه‌های امدادرسانی و عدم امکان قرارگیری محققان در شرایط واقعی پس از زلزله، شبیه‌سازی رخداد زمین‌لرزه به منظور فراهم کردن اطلاعات مکانی و توصیفی منطقهٔ فعالیت، تعیین فعالیت‌های مورد نیاز و تهیهٔ اطلاعات موقعیتی و توصیفی نیروی انسانی مدنظر قرار گرفته است. شبیه‌سازی رخداد زمین‌لرزه برای به‌دست آوردن برآورد تقریبی از خسارات سازه‌ای و انسانی در یک قسمت کوچک از شهر تهران انجام گرفت. در این برآوردها، برای منطقهٔ مطالعاتی یک سناریوی دلخواه تعریف شد و با شبیه‌سازی و اجرای آن سناریو، شدت خسارات سازه‌ای و انسانی در مناطق مطالعاتی محاسبه شد.

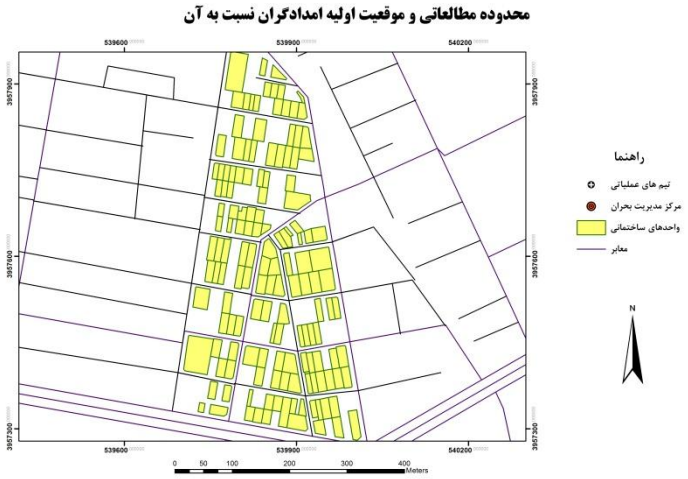
سناریوی انتخاب‌شده برای شبیه‌سازی زلزله در این پژوهش بزرگای گشتاوری ۶ را داراست و در آن از داده‌های شتاب‌نگاری منطقهٔ تحت مطالعه استفاده شد و همچنین در کنار آن اطلاعات ساختمان‌های همان منطقه نظیر تعداد طبقات، سال ساخت و نوع سازه و نیز اطلاعات جمعیتی منطقه و مکان قرار گیری افراد مدنظر قرار گرفت. در ادامه فعالیت‌های مورد نیاز و اطلاعات توصیفی آنها برای تخصیص وظایف طبق الگوریتم پیشنهادی، تعیین شد. بدیهی است که فعالیت‌ها دارای اولویت‌ها و اهمیت‌های مختلفی هستند.

فعالیت‌های بررسی‌شده شامل تجسس و زنده‌یابی، ارزیابی اولیهٔ منطقه، آواربرداری سبک، آواربرداری سنگین، ثبت تعداد درگذشتگان و مشخصات آنها، کمک‌های اولیه، قطع آب، برق و گاز، نشانه‌گذاری، شمعک‌زنی (امن‌سازی منطقه)، هوارسانی در آوار، بازسازی شبکهٔ راه‌هاست [۱۹، ۶]، که با توجه به مطالعات و فرضیات مدنظر الگوریتم پیشنهادی، برخی از این فعالیت‌ها مانند آواربرداری سنگین و ثبت تعداد و مشخصات درگذشتگان در مرحلهٔ ابتدایی تخصیص افراد گروه‌های امداد و نجات به فعالیت‌ها قرار ندارد و ارزیابی اولیهٔ منطقه انجام‌شده فرض می‌شود.

در این پژوهش برای بررسی مدل ارائه‌شده، ۳۲ امدادرسان مدنظر قرار گرفتند [۲۲] و در نزدیک‌ترین مرکز مدیریت بحران منطقهٔ مطالعاتی مستقر شدند. شکل ۱ محدودهٔ مطالعاتی و نیز موقعیت اولیهٔ امدادرسانان نسبت به محدودهٔ مطالعاتی را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. نقشهٔ موقعیت محدودهٔ مطالعاتی و موقعیت افراد پیش از شروع امدادرسانی نسبت به آن

در شکل ۲، اطلاعات خسارات سازه‌ای و انسانی مرحلهٔ اولیه شبیه‌سازی زلزله شامل ۲۲ محل از ۱۴۸ محل آسیب‌دیده نشان داده شده است. شکل ۳ نیز اطلاعات توصیفی امدادگران در زلزلهٔ فرضی شبیه‌سازی‌شدهٔ این پژوهش را نشان می‌دهد که در آن ۱۴ امدادرسان از ۳۲ امدادرسان تا اولویت سوم فعالیت‌های ممکن خود را اجرا کرده‌اند.

FID	Area_Sli	Area_Mod	Area_Ext	PIC	PHC	PKC
0	577.5526	536.0314	503.1371	10.6796	2.088236	2.263707
1	501.299	459.0916	416.5117	2.716489	0.470734	0.470734
2	1026.058	870.5301	785.5003	5.123783	0.887759	0.887759
3	1140.485	967.4026	872.521	23.50837	4.073102	4.073102
4	674.1776	623.9793	567.4219	3.365664	0.583245	0.583245
5	441.3072	432.6968	415.5804	7.608515	1.31905	1.31905
6	2567.228	2362.816	2162.427	20.69483	3.586386	3.586386
7	518.1156	507.9455	463.8571	6.07271	1.052466	1.052466
8	521.1291	483.1575	440.1828	12.3414	2.138707	2.138707
9	514.1301	472.5337	440.5078	12.34885	2.140286	2.140286
10	575.0884	533.4714	486.3073	11.21716	1.98293	2.011816
11	478.2005	454.5031	419.2826	11.29328	1.957294	1.957294
12	551.9115	482.5104	440.7943	8.972257	1.554749	1.554749
13	648.6336	549.9993	495.6867	10.52556	1.823667	1.823667
14	646.905	594.5228	554.0694	11.07337	1.919218	1.919218

شکل ۲. اطلاعات توصیفی خسارات سازه‌ای و انسانی زلزلهٔ فرضی شبیه‌سازی‌شده در محدودهٔ تحقیق

UIDhuman	TypeHuman	Proficiency1	Proficiency2	Proficiency3
001	Rescuer3	Primary Helping		
002	Rescuer2	Primary Helping		
003	Rescuer1		Primary Helping	
004	Savior3	Searching	Pointing	Secuting
005	Savior2	Searching	Pointing	Secuting
006	Savior1	Searching	Pointing	Secuting
007	ISAR	Collapse Lifting	Secuting Pilot	Air Update in the Rubble
008	Rescuer3	Primary Helping		
009	Rescuer2	Primary Helping		
010	Rescuer1		Primary Helping	
011	Savior3	Searching	Pointing	Secuting
012	Savior2	Searching	Pointing	Secuting
013	Savior1	Searching	Pointing	Secuting
014	ISAR	Collapse Lifting	Secuting Pilot	Air Update in the Rubble

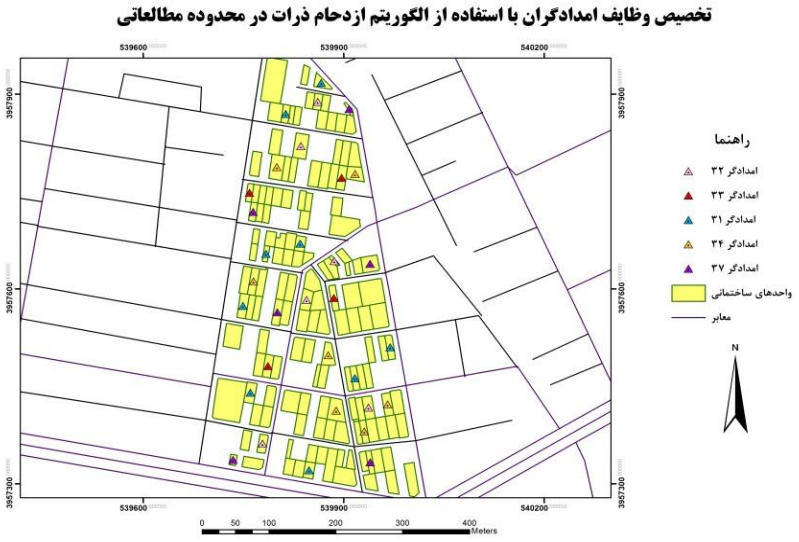
شکل ۳. اطلاعات توصیفی امدادرسانان در زلزلهٔ فرضی شبیه‌سازی‌شده در محدودهٔ تحقیق

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به پارامترهای بیان‌شده در قسمت روش اجرا و اطلاعات توصیفی امدادگران و فعالیت‌ها و خسارات اولیهٔ زلزله شبیه‌سازی شده در این پژوهش، رابطهٔ ۳ برای همهٔ امدادرسانان دربارهٔ همهٔ مناطق مسکونی محدودهٔ مطالعاتی شامل ۱۴۸ مجتمع مسکونی محاسبه شد و تخصیص بهینه‌شده با استفاده از روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات به‌شکل زیر به نمایش درآمد.

در این اجرا، جدول‌های اطلاعاتی وارد الگوریتم ازدحام ذرات شد؛ این الگوریتم با اعمال تغییراتی از حالت پیوسته به حالت گسسته برای فضای پاسخ تبدیل شده است. با تغییرات انجام‌گرفته برای تعداد تکرار بیشتر در زمان کوتاه‌تر، و نیز با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در تعداد تکرارهای مختلف، تعداد تکرار ۵۰ مناسب شناخته و نتایج آن محاسبه شد و خروجی‌های آن ثبت و نمایش داده شد. در این کنترل نتایج و جلوگیری از همگرایی سریع الگوریتم، ضریب W برابر با ۱ و ضرایب C_1 و C_2 برابر با ۲ (در مجموع برابر با ۴ که به‌طور معمول هر کدام برابر با ۲) در نظر گرفته شد و نیز ضریب کاهش W (ضریب همگرایی الگوریتم) در تکرارهای بعدی برابر با ۰/۰۵ مدنظر قرار گرفت.



شکل ۴. تخصیص انجام‌گرفته به‌همراه مشخص بودن فعالیت‌های اختصاص‌یافته به‌کمک الگوریتم ازدحام ذرات

www.SID.ir

Archive of SID

در محدودهٔ مطالعاتی تصویر بالا، نقاط نارنجی (امدادگر ۳۴) مربوط بـه امدادرسـانانی اسـت که به فعالیت آواربرداری سبک اختصاص یافته‌اند؛ نقـاط صـورتی (امـدادگر ۳۲)، امدادرسـانانی هستند که مشغول نشانه‌گذاری هستند و نقاط آبی (امدادگر ۳۱)، امدادرسانان اختصـاص‌یافتـه به فعالیت جست‌وجو و زنده‌یـابی هسـتند. نقـاط قرمـز (امـدادگر ۳۳) مربـوط بـه امدادرسـانان مشغول به فعالیت قطع آب و برق و گاز، و نقاط بنفش (امـدادگر ۳۷) امدادرسـانان مشـغول بـه فعالیت کمک‌های اولیه هستند. تخصیص افراد با توجه به فعالیت‌هـای اولویـت‌دار و مکـان‌هـای مسکونی‌ای که خسارت بیشتری دیده‌اند صورت می‌گیرد.

در بررسی کارایی الگوریتم پیشنهادی نیز، اثر مثبت روش انتخاب جمعیـت اولیـه در نتـایج حاصل از اجرای الگوریتم پیشنهادی نمایان شد. در نهایت بهبود ۲/۲ برابـری نتـایج نسـبت بـه حالت استفاده نکردن از این الگوریتم حاصل شد. در جدول ۱ محاسبهٔ تابع هزینه در دو حالـت اجرای الگوریتم پیشـنهادی و اجـرا نشـدن آن، قـرار داده شـده اسـت کـه بیـان‌کننـدهٔ هزینـهٔ محاسبه‌شده از تخصیص صورت‌پذیرفته در دو حالت مذکور برای کل گروه عملیاتی است.

جدول ۱. مقایسهٔ نتایج اجرای الگوریتم پیشنهادی و اعتبارسنجی آن

مدل استفاده‌شده	هزینهٔ محاسبه‌شده برای کل گروه عملیاتی
بدون استفاده از الگوریتم پیشنهادی	۰/۵۶۴
با استفاده از الگوریتم پیشنهادی	۰/۲۵۲

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌دلیل گروهی بودن مسئلهٔ مدنظر این پژوهش و اثرگذار بودن فعالیت هر فرد در فعالیت افـراد دیگر و گروه و دستهٔ عملیاتی و نیز ساختار الگوریتم ازدحام ذرات کـه براسـاس هـوش جمعـی است و در آن تجارب خود فرد و گروه برای کسب موقعیت بهینه مؤثر اسـت و نیـز بـا نظـر بـه امکان تکرار بیشتر در زمان کمتر نسبت به بسیاری از الگوریتم‌هـا، الگـوریتم مـذکور بـه‌عنـوان راهکاری مناسب برای حل مسئلهٔ پژوهش انتخاب شد.

ساختار روش الگوریتم ازدحام ذرات به‌صورت پیوسته است؛ به‌دلیل ساختار گسستهٔ مسـئلهٔ حاضر، با اعمال تغییراتی در ساختار این الگوریتم، به‌صورت گسسته اجـرا شـد. همـان‌طـور کـه پیشتر هم بیان شد، افراد، تخصص‌هایشان، فعالیت‌ها و محل‌های آسیب‌دیده دارای اولویت‌هـایی هستند که آنها نیز در الگوریتم اجراشده مدنظر قرار گرفتنـد. در ادامـه نیـز بـرای جلـوگیری از

www.SID.ir

Archive of SID

قرارگیری نتایج در بهینگی محلی، جمعیت اولیه برای اجرای الگوریتم پیشنهادی این پژوهش به‌صورت تصادفی یکنواخت از میان محل‌ها انتخاب شد.

استفاده از این الگوریتم و اعمال تغییرات بیان‌شده، برای بهینه‌سازی شبیه‌سازی‌های این پژوهش و نیز اجرای ساختار علمی و عملی فعالیت‌ها و گروه‌های عملیاتی امداد و نجات، راهکاری نوین و اثرگذار در بهبود کیفیت امداد و نجات پس از زلزله خواهد بود. همان‌طور که در قسمت یافته‌ها بیان شد، اجرای الگوریتم پیشنهادی در این پژوهش موجب بهبود ۲/۲ برابری نتایج شد.

برای پژوهش‌های آتی، پیشنهاد می‌شود دیگر روش‌های بهینه‌سازی نظیر بازپخت، جامعهٔ مورچگان، و ژنتیک، بررسی و استفاده شود. همچنین می‌توان برای بهبود داده‌های اولیه، یعنی خسارات ناشی از رخداد زمین‌لرزهٔ فرضی تلاش کرد.

منابع

[۱]. پیام راد، داوود؛ و وفائی‌نژاد، علیرضا (۱۳۹۴). «کمک به مدیریت بحران زلزله با مکان‌یابی مراکز اسکان موقت با استفاده از یک سیستم حامی تصمیم‌گیری GIS مبنا (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۸ شهرداری اصفهان)»، *نشریهٔ علوم و فنون نقشه‌برداری*، دورهٔ ۵، ش ۲، ص ۲۴۶-۲۳۱.

[۲]. سرگلزائی، عالیه؛ و وفائی‌نژاد، علیرضا (۱۳۹۶). «یافتن کوتاه‌ترین مسیر شبکه با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی فاخته در سیستم اطلاعات مکانی»، *نشریهٔ علوم و فنون نقشه‌برداری*، دورهٔ ۶، ش ۴، ص ۲۳۹-۲۳۱.

[۳]. شریفی سده، مهراب (۱۳۹۱). *تیم‌سازی و کار تیمی در عملیات امداد و نجات*، تهران: مؤسسهٔ آموزش عالی علمی-کاربردی هلال ایران.

[۴]. سعیدیان، بهرام؛ مسگری، محمدسعدی؛ و قدوسی، مصطفی (۱۳۹۴). «مقایسهٔ کارایی الگوریتم‌های فراابتکاری ژنتیک و انبوه ذرات برای تخصیص بهینهٔ آب به زمین‌های کشاورزی در شرایط محدودیت آب»، *نشریهٔ علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*، سال ۳، ش ۴، ص ۴۲-۱۹.

[۵]. عبداللهی، مجید (۱۳۹۱). *مدیریت بحران در نواحی شهری*، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

[۶]. عسگری، علی؛ رخشانی، پدرام؛ و اسماعیلی، اکبر (۱۳۹۱). *کاربرد GIS در مدیریت بحران*، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

www.SID.ir

Archive of SID

[۷]. محمدی یگانه، شاهین؛ و ممدوح، حسن (۱۳۸۵). *بالگرد در جستجو و نجات*، تهران: مؤسسهٔ آموزش عالی علمی-کاربردی هلال ایران.

[۸]. مزیدآبادی، شهریار (۱۳۸۲). *جستجو و نجات در ساختمان‌های فروریخته: آواربرداری: آنچه باید امدادگران، نجاتگران و آتش‌نشانان بدانند*، نخل.

[۹]. ولدبیگی، برهان‌الدین؛ و پورحیدری، غلامرضا (۱۳۸۹). *مقابله و بازسازی در بحران‌ها: راهبردها و راهکارهای ایجاد جوامع پایدار*، تهران: مؤسسه آموزش عالی علمی-کاربردی هلال ایران و دانشگاه علوم پزشکی بقیه‌الله.

[۱۰]. ایزدی، آرمان (۱۳۸۹). مروری بر مبانی مدیریت سوانح، تهران: سازمان امداد و نجات.

[11]. Akbari, Mehdi; & Rashidi, Hassan (2016). "A Multi-Objectives Scheduling Algorithm Based on Cuckoo Optimization for Task Allocation Problem at Compile Time in Heterogeneous Systems", *Expert Systems with Applications*, Volume 60, PP. 234–248. ELSEVIER.

[12]. Clerc, Maurice (2010). "*Particle Swarm Optimization*", First published:19 January 2010,wiley online library

[13]. Ghaderi, Abdolsalam; Mohammad Saeed Jabalameli; Farnaz Barzinpour; & Ragheb Rahmaniani (2012) "An Efficient Hybrid Particle Swarm Optimization Algorithm for Solving the Uncapacitated Continuous Location-Allocation Problem", *Networks and Spatial Economics* 12(3):1-19·September 2012.

[14]. Gyeongtaek Oh; Youdan Kim; Jaemyung Ahn; & Han-Lim Choi (2016). "PSO-based Optimal Task Allocation for Cooperative Timing Missions", *IFAC-PapersOnLine*, Vol 49, Issue 17, 2016, pp: 314-319. ELSEVIER.

[15]. Haowei, Zhang; Junwei, Xie; Jiaang, Ge; Wenlong, Lu; & Binfeng Zong (2018). "An Entropy-based PSO for DAR task scheduling problem", *Applied Soft Computing*, Vol 73, December 2018, pp: 862-873. ELSEVIER

[16]. Jena, R.K. (2015). "Multi Objective Task Scheduling in Cloud Environment Using Nested PSO Framework", *Procedia Computer Science*, Volume 57, 2015, pp: 1219-1227. ELSEVIER.

[17]. Lei Xu; Xun-zhao Zhou; Qian-mu Li; & Xiao-fei Zhang. (2016). "Energy-efficient resource allocation for multiuser OFDMA system based on hybrid genetic simulated annealing", *Soft Computing*. pp: 1–8. Sprringer.

[18]. Lin James T.; & Chun-Chih Chiu (2015) "A hybrid particle swarm optimization with local search for stochastic resource allocation problem", *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp: 1–15. Springer.

[19]. Mahdjoub, Jason; Francis Rousseaux; & Eddie Soulier (2014). "Towards Better Coordination of Rescue Teams in Crisis Situations: A Promising ACO Algorithm", *Information Systems for Crisis Response and Management in Mediterranean Countries*, Vol 196 of the series Lecture Notes in Business Information Processing pp: 135-142. Springer.

[20]. Mountaineer Area Rescue Group. "Probability of Detection". Appalachian Search and Rescue Conference.

www.SID.ir

Archive of SID

[21]. Nedjah, Nadia; Mathias, Rafael; Mendonça, Luiza; & Mourelle, Macedo (2015). "PSO-based Distributed Algorithm for Dynamic Task Allocation in a Robotic Swarm", *Procedia Computer Science*, Vol 51, 2015, pp: 326-335. ELSEVIER.

[22]. Rasekh, Abolfazl; & Vafaeinezhad, Ali Reza (2012). "Developing a GIS Based Decision Support System for Resource Allocation in Earthquake Search and Rescue Operation", *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2012*, Vol 7334 of the series Lecture Notes in Computer Science, pp: 275-285. Springer.

[23]. Wei Hong Lim; & Nor Ashidi Mat Isa (2015). "Particle swarm optimization with dual-level task allocation", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol 38, February 2015, pp: 88-110. ELSEVIER.

[24]. Vafaeinezhad, Ali Reza; Alesheikh, Ali Asghar; Hamrah, Majid; Nourjou, Reza; & Shad, Rouzbeh (2009). "Using GIS to Develop an Efficient Spatio-temporal Task Allocation Algorithm to Human Groups in an Entirely Dynamic Environment Case Study: Earthquake Rescue Teams". *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2009*. Volume 5592 of the series Lecture Notes in Computer Science. pp: 66-78. 2009.

[25]. Vafaeinezhad, A.R; Alesheikh, A.A.; Roshannejad, A.A.; & Shad, R. (2009). "A new approach for modeling spatio-temporal events in an earthquake rescue scenario", *Journal of Applied Sciences*, 9, pp: 513-520.

[26]. YaoLin Liu; DianFeng Liu; YanFang Liu; Jian Hua He; LiMin Jiao; YiYun Chen; & XiaoFeng Hong (2012). "Rural land use spatial allocation in the semiarid loess hilly area in China: Using a Particle Swarm Optimization model equipped with multi-objective optimization techniques", *Science China Earth Sciences*, July 2012, Volume 55, Issue 7, pp: 1166–1177. Springer.

www.SID.ir