نشریه علمی علوم و فنون نقشه برداری، دوره یازدهم، شماره ۲، آذر ماه ۱۴۰۰ - مقاله پژوهشی

طراحی یک سیستم توصیه‌گر بافت آگاه به منظور بهبود عملکرد تیم‌های امداد و نجات مبتنی بر الگوریتم کلونی مورچگان

ناهید بهرامی[۱]، میثم ارگانی*[۲]، نجمه نیسانی سامانی[۳]، علیرضا وفائی‌نژاد[۴]

[۱] دانشجوی دکتری سنجش‌ازدور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی - دانشکده جغرافیا - دانشگاه تهران
nd.bahrami@ut.ac.ir

[۲] استادیار دانشکده جغرافیا - دانشگاه تهران
argany@ut.ac.ir

[۳] دانشیار دانشکده جغرافیا - دانشگاه تهران
nnsamani@ut.ac.ir

[۴] دانشیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط‌زیست - دانشگاه شهید بهشتی
a_vafaei@sbu.ac.ir

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۹، تاریخ تصویب شهریور ۱۴۰۰)

چکیده

بافت آگاهی منجر به شناخت بهتر محیط و اشیا و عوامل، و نحوه ارتباط و تعاملات بین آن‌ها می‌باشد. در نتیجه می‌تواند تاثیر به سزایی در ارائه راهکارهای مناسب در حل مسائل جهان واقعی داشته باشد. از این رو می‌توان در فرآیند امداد و نجات در بحران‌ها، نیز بافت آگاهی را وارد نمود و در راستای بهبود و تطابق پذیری بیشتر راهکارها با محیط واقعی، گام برداشت. در میان بحران‌ها و بلایای طبیعی، زمین‌لرزه به دلیل وجود گسل‌های لرزه‌خیز و فعال در ایران و بسیاری از کشورها، یکی از بحران‌های اساسی می‌باشد. با توجه به اهمیت شناسایی بافت‌ها در واقعی و قابل اجرایی شدن پژوهش‌ها، در این پژوهش بافت‌های امدادگران، تیم‌ها و محیط به عنوان بافت‌های اصلی در مسئله‌ی مذکور، بررسی و ارتباط آن‌ها با یکدیگر و اولویت‌های فعالیت‌ها و مکان‌ها با شناسایی تخصص‌ها و شرایط جسمانی و موقعیتی امدادگران مشخص شده است. در نهایت ساختار و راهکاری به کمک الگوریتم کلونی مورچگان و سیستم اطلاعات مکانی جهت بهینه‌سازی تخصیص امدادگران به محل‌های آسیب دیده و فعالیت‌های لازم در محدوده‌ای از منطقه ۳ شهر تهران، طراحی و اجرا شده است؛ که استفاده از بافت‌آگاهی و ترکیب آن با الگوریتم‌های هوش مصنوعی جهت موضوع امداد و نجات در بحران زمین‌لرزه پژوهشی نوین می‌باشد. نتایج حاصل شده از این پژوهش در مقایسه با در نظر نگرفتن بافت‌های موجود در امداد و نجات و بدون استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، بهبود ۱/۷۹ برابری راهکار پیشنهادی را نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: سیستم توصیه‌گر، بافت آگاهی، بهینه‌سازی، امداد و نجات، الگوریتم کلونی مورچگان، زمین‌لرزه

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

یکی از مسائلی که همه ساله خطرات زیادی را در سراسر جهان بر زندگی انسان‌ها متحمل می‌کند، بحران‌ها و بلایای طبیعی هستند. اگر اینگونه حوادث غیر قابل پیش‌بینی باشند، خطرات و خسارات جانی آن‌ها نیز به مراتب بیشتر خواهد بود. در میان سوانحی از قبیل سیل، طوفان، آتشفشان، زلزله، سونامی؛ زمین‌لرزه رخدادی است که نسبت به سایر سوانح از همه‌گیری بیشتری برخوردار بوده و تقریبا غیرقابل پیش‌بینی می‌باشد. در راستای مقابله با بحران‌ها و سوانح از ساختاری تحت عنوان مدیریت بحران استفاده می‌شود که به کلیه مسائل قبل، حین و پس از بحران‌ها و سوانح می‌پردازد و منجر به فعالیت‌هایی در زمینه برنامه‌ریزی، آمادگی، پیشگیری، مقابله (پاسخ) و بازسازی می‌شود [۱].

از اساسی‌ترین و مهمترین کارهایی که می‌تواند منجر به کاهش خسارات جانی سوانح مختلف شود، بحث امداد و نجات در سوانح است که در فاز مقابله از ساختار مدیریت بحران قرار دارد. همچنین اطلاعات بافتی محیط و یا به عبارت دیگر ایجاد یک سیستم توصیه‌گر بافت‌آگاه می‌تواند فرآیند تعامل با محیط را به طور ساده‌تری برقرار سازد [۲] .این پژوهش به بررسی انواع بافت‌ها و ارتباطات آن‌ها و ساختار امداد و نجات در زلزله که به دلیل موقعیت جغرافیایی ایران و زلزله‌خیز بودن آن، یکی از بحران‌های اساسی کشور ایران محسوب می‌شود، می‌پردازد.

جهت بررسی بافت‌آگاهی، انواع بافت‌ها، بافت‌های امداد و نجات در زمین‌لزه، هوش مصنوعی و الگوریتم‌های بهینه-سازی در بافت آگاهی[۱] و امداد و نجات بررسی‌ها و مطالعاتی صورت گرفت. Vafaeinejad و همکاران در سال ۲۰۰۹ راهکاری مکانی-زمانی جهت امداد و نجات در زلزله را ارائه نمودند [۳]. Vafaeinejad و همکاران در سال ۲۰۱۰ روشی نوین برای مدلسازی و برنامه‌ریزی فعالیت‌های گروهی با مدلسازی مکانی- زمانی فعالیت‌های گروهی بشری راهی برای افزایش راندمان انجام فعالیت‌های دسته جمعی انسان‌ها ارائه نموده‌اند [۴]. در سال ۲۰۱۲ Rasekh و Vafaeinejad از تئوری صف[۲] با مدل چند کاناله با زمان سرویس‌دهی نمایی جهت برنامه‌ریزی گروه‌های امداد و نجات زلزله استفاده نمودند [۵] و Xiaoping Liua و همکاران جهت تخصیص بهینه کاربری اراضی در نواحی بزرگ از الگوریتم کلونی مورچگان استفاده نمودند [۶]؛ Abdolsalam Ghaderi و همکاران از PSO ترکیبی جهت مکانیابی سکونت‌گاه [۷] و YaoLin Liu و همکارانشان از PSO و تکنیک‌های بهینه‌سازی چند هدفه برای تخصیص زمین‌های روستایی در منطقه نیمه خشکی در چین استفاده گردیده است [۸]، انجام شده است. Ole-Christoffer Granmo و همکاران در سال ۲۰۱۳ از مدل DNB[۳] برای پیگیری و پیش‌بینی حرکت افراد تا زمان شروع به تخلیه و از مدل ACO جهت یافتن راه‌های امن به صورت پویا در پاسخ به خطرات ثانویه در هنگام تخلیه استفاده گردیده و به مدل مکانی- زمانی پویا دست یافته‌اند [۹]. در سال ۲۰۱۴ الگوریتم کلونی مورچگان توسط Jason Mahdjoub و همکاران به منظور هماهنگی بهتر تیم‌های نجات در مدیریت بحران استفاده شد [۱۰]. در سال ۲۰۱۵ Jaziar Radianti و همکاران از مدلسازی مکانی-زمانی[۴] جهت تخلیه آتش‌سوزی بهره جستند [۱۱] و همچنین James T. Lin و Chun-Chih Chiu از الگوریتم ترکیبی بهینه‌سازی ازدحام ذرات و جستجوی محلی برای تخصیص منابع استفاده نمودند [۱۲] و نیز Nadia Nedjah و همکاران الگوریتمی توزیع یافته مبتنی بر PSO جهت تخصیص وظایف پویا میان انبوه ربات‌ها، ارائه نمودند [۱۳]؛ همچنین Wei Hong و همکاران از PSO جهت تخصیص وظایف دو سطحی استفاده نمودند [۱۴]. R.K.Jena نیز در همان سال با چارچوبی از PSO تودرتو به زمانبندی[۵] وظایف چند هدفه در محیط‌های ابری پرداخت [۱۵]. و در سال ۲۰۱۶ پژوهشی جهت تخصیص وظایف بهینه مبتنی بر الگوریتم ازدحام ذرات[۶] برای زمانبندی در فعالیت‌های مشارکتی توسط Gyeongtaek Oh و همکارانشان انجام شده است [۱۶]. همچنین Lei Xu و همکاران جهت تخصیص منابع برای یک سیستم چند کاربره از الگوریتم شبیه‌سازی بازپخت با ترکیب الگوریتم ژنتیک[۷] استفاده نموده‌اند[۱۷] و نیز، Akbari و Rashidi از یک الگوریتم زمان‌بندی چند

۱ Contex Aware
۲ Queueing theory
۳ Dynamic Bayesian network
٤ Spatio-Temporal
٥ Scheduling
٦ Particle Swarm Optimization (PSO)
۷ Genetics

هدفه بر پایه الگوریتم فاخته[۱] به منظور تخصیص وظایف در سیستم‌های ناهمگن استفاده نموده‌اند[۱۸]، و نیز همچنین سرگلزائی و وفایی‌نژاد از الگوریتم فاخته جهت بهینه‌سازی مسیریابی در یک شبکه شهری، در پژوهش خود بهره بردند [۱۹]. Ilaria Baffo و همکاران در سال ۲۰۱۷ با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان به بهبود مسیریابی در شرایط اضطرار پرداختند [۲۰]. در سال ۲۰۱۸ Tang Jian و همکاران با استفاده از بهینه‌سازی بازپخت[۲] و شبیه‌سازی عامل مبنا[۳] به ارائه راهکاری جهت امداد و نجات پرداخته‌اند [۲۱] و نیز بلوری و همکاران با استفاده از بهینه‌سازی بازپخت به مکانیابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی پرداختند [۲۲]، همچنین Hongman Wang و همکاران با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان چند هدفه به بهبود حمل و نقل اضطراری پرداختند [۲۳]. در سال ۲۰۱۹ Youngchul Shin و همکاران با تلفیق الگوریتم کلونی مورچگان[۴] و برنامه‌ریزی خطی[۵] جهت بهبود حمل و نقل بعد از بحران تلاش نموده‌اند [۲۴] و نیز Vahidnia و همکاران توزیع وظایف در شبکه‌های مکانی با بهره‌گیری از نظریه بازی‌ها[۶] را به انجام رساندند [۲۵]. José M. Ferrer و همکاران در سال ۲۰۲۰ پژوهشی تحت عنوان یک روش جدید مبتنی بر کلونی مورچه برای امداد رسانی در برابر بلایا انجام داده‌اند که در آن با توجه به کمبود منابع و ناامنی موجود در طی مسیر حمل کمک‌های بشردوستانه در پاسخ به فاجعه‌های بزرگ و نیز تصمیم‌گیری‌های فوری و تحت عدم اطمینان زیاد، روش مفصل مبتنی بر بهینه سازی کلونی مورچه را توسعه می دهیم که برای دو مطالعه موردی زلزله ۲۰۱۰ هائیتی و قحطی ۲۰۰۵ نیجر اعمال می‌شود. همچنین اضافه نمودن چندین معیار از جمله هزینه، زمان، ارزش ویژه، قابلیت اطمینان، امنیت یا اولویت، علاوه بر استفاده از مورچه‌های تخصصی و فرمون‌های موثر که عناصر جدید الگوریتم هستند، کمک مهمی حل مسئله است. نتایج محاسباتی بهره‌وری روش جدید را نشان نشان داده است و تأیید می‌کند که می‌تواند پایه خوبی برای ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری برای عملیات واقعی باشد[۲۶].

۱ Cuckoo
۲ Simulated Anneling
۳ Agent Base
۴ Ant Colony Optimization (ACO)
۵ Linear Programing
۶ Game Theory

با مطالعه مقالات و کتب مرتبط و مصاحبه با افراد خبره در موضوع پژوهش، کلیه بافت‌های امدادگران، تیم-ها، ارتباط امدادگران و محیط رخداد زلزله فرضی بررسی شده است و توضیحات آن‌ها در ادامه مباحث ذکر می‌شود. بررسی بافت‌آگاه مکانی و استفاده از متدهای بهینه‌یابی برای مسئله امداد و نجات و نیز ساختار واقعی تیم‌های نجات از نوآوری این پژوهش به شمار می‌آید. بافت‌ها و اطلاعاتی که در طی مراحل مختلف امداد و نجات حس[۷] می‌شوند، شامل موقعیت، زمان، میزان آسیب‌های انسانی و سازه‌ای، تعاملات امدادگران با یکدیگر و با محیط پیرامونشان و کل محدوده رخداد بحران، فعالیت‌ها، تخصص‌ها و اولویت‌های آن‌ها، شرایط و وضعیت جسمانی و موقعیتی امدادگران می‌باشد.

در نهایت با استفاده از اطلاعات بافتی موجود و بررسی-های انجام شده پیرامون الگوریتم‌های بهینه‌سازی سازگار با ساختار پژوهش، الگوریتمی جهت بهینه‌سازی استقرار امدادگران، فعالیت‌های امداد و نجات لازم در بحران رخداده و وظایف امدادگران در محدوده مرکزی منطقه ۳ شهر تهران طراحی و پیاده‌سازی می‌شود. در ادامه به بیان مبانی نظری پژوهش حاضر، روش پیشنهادی، پیاده‌سازی و بیان نتایج و پیشنهادات پرداخته می‌شود.

۲- مبانی نظری

۲-۱- بافت‌آگاهی

مفهوم بافت به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. بافت به عنوان اطلاعاتی تعریف می‌شود که می‌تواند برای توصیف وضعیت یک موجودیت استفاده شود [۲، ۲۷]؛ یک موجودیت می‌تواند یک فرد، یک شی یا یک مکان یا هر المانی در نظر گرفته شود و به تعامل کاربر و کاربری مرتبط باشد [۲]. همچنین بافت را می‌توان به عنوان مکان‌ها، هویت افراد یا اشیاء اطراف کاربر یا موضوعات مربوط به زمان تعریف نمود (مانند روز، هفته یا فصل).

زمانی‌که مفهوم بافت[۸] تعریف می‌شود، سه جنبه در محیط در نظر گرفته می‌شود: شی یا موجودیت، محیط شی و محیط فیزیکی. شی شامل اطلاعات مربوط به شی، مکان و یا هر المانی و ویژگی‌های آن است، در حالی که

۷ Sense
۸ Context

محیط شی مربوط به همسایگان شی و چگونگی ارتباط یا تعامل هر موجودیت و رفتار آن با همسایگان خود و رفتار و ارتباط متقابل آنان با موجودیت مورد نظر است. محیط فیزیکی نیز شامل محیطی است که مسئله در آن محیط مطرح شده و کلیه محاسبات در آن انجام می‌شود و تمامی موجودیت‌ها و همسایگان آن‌ها و روابط و تعاملات آن‌ها درون این محیط بیان می‌شود [۲۷].

۲-۲- امداد و نجات

۲-۲-۱- بررسی وظایف امدادرسانان

در این بخش به بررسی وظایف امدادرسانان در بحران زلزله و نکات مهم در فرآیند امدادرسانی زلزله پرداخته می‌شود. برخی اشخاص جستجو و نجات را شامل چهار جزء مکانیابی، ارزیابی، تثبیت و انتقال می‌دانند [۲۸]. ابتدا مکانیابی و رهاسازی افراد و بعد ارزیابی پزشکی و در صورت نیاز به کارگیری کمک‌های اولیه، درمان اضطراری (تثبیت) و انتقال به مراکز درمانی انجام می‌شود [۲۹]. گروه نجات می‌بایست برنامه دقیقی برای انجام عملیات نجات افراد محبوس در آوار داشته باشد.

۲-۲-۲- مدیریت عملیات جستجو و نجات

برای تضمین موفقیت عملیات جستجو و نجات در مناطق شهری برنامه امداد و نجات به ترتیب شامل مراحل پنج‌گانه زیر انجام می‌شود [۳۰]:

- شناسایی ابتدایی- جمع‌آوری اطلاعات (ارزیابی مقدماتی)
- ارزیابی منطقه به طور سریع (بازدید فنی)
- جستجو و نجات سطحی در منطقه آسیب دیده (نجات اولیه)
- جستجو و نجات توسط وسائل فنی (نجات ثانویه)
- برداشت سیستماتیک آوار (آواربرداری نهایی)

از طرف دیگر، هفت مرحله در عملیات جستجو و نجات قابل فرض است که افراد نجاتگر باید آنها را در نظر داشته باشند [۳۱]:

۱. جمع‌آوری اطلاعات: یکی از اولین اقداماتی که باید انجام شود، بررسی و ارزیابی موقعیت می‌باشد
۲. ارزیابی میزان خسارات: با نگاه از زوایای مختلف به ساختمان‌ها بررسی می‌شود.
۳. شناسایی منابع و دستیابی به آنها: شامل دسترسی به امکانات، تجهیزات و پرسنل لازم می‌باشد.
۴. اولویت‌بندی: شامل تشخیص وضع اضطراری و اطمینان از وجود ایمنی برای تداوم عملیات جستجو و نجات می‌باشد. گاهی اوقات باید ساختمانی را به نحوی علامت گذاری کرد که فرد دیگری وارد آن نشود و منتظر نیروهای دیگر یا امکانات بیشتر ماند.
۵. طراحی برنامه نجات: در این قسمت مشخص می‌شود چه کسی یا چه کسانی با چه شرایطی وارد ساختمان شوند.
۶. هدایت عملیات جستجو و نجات: جستجو برای افراد زیر آوار مانده و گیر افتاده

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

۲-۳- بهینه‌سازی کلونی مورچگان (ACO)

برخی از روش‌های فراابتکاری بر پایه مطالعات شکل گرفته بر روی رفتار حشرات اجتماعی ایجاد شده‌اند. در بین رفتارهای مختلف حشرات، رفتار جستجوی غذا یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد این‌گونه سیستم‌های مصنوعی بوده است. الگوریتم مورچه، با الگوی تصادفی خود ضمن اجرای الگوریتم می‌تواند از جواب‌های قبلی برای هدایت جستجو و ایجاد جواب‌های جدید بهره گیرد [۳۲]. معروف‌ترین رفتار گروهی مورچه‌ها که به صورت گسترده در مسائل مختلف بهینه‌سازی مورد مطالعه قرار گرفته است، نحوه‌ی عملکرد آن‌ها در جست‌وجوی غذا می‌باشد. مورچه‌ها قادرند کوتاهترین مسیر بین لانه و منبع غذایی را با کارایی بسیار بالایی پیدا کنند [۳۳].

مورچه‌های واقعی در حین حرکت، ماده‌ای شیمیایی به نام فرامان بر روی مسیر خود به جای می‌گذارند [۳۲]. در مسیرهای کوتاه‌تر، مورچه‌ها راحت‌تر و سریع‌تر به غذا می‌رسند، در نتیجه در این مسیرها فرامان بیشتری ریخته شده و به دلیل حساسیت مورچه‌ها نسبت به فرامان، بیشتر جذب این مسیرها می‌گردند و مسیرهای مناسب‌تر شناسایی می‌شوند. رفتار دیگر مورچه‌ها، ساخت قبرستان و مراقبت از کودکان است که در این دو رفتار اجتماعی و عملکرد مورچه‌ها، مفهوم خوشه‌بندی و دسته‌بندی را نشان می‌دهد [۳۳]. در این روش‌ها جهت شبیه‌سازی رفتار مورچه‌های واقعی، مورچه‌های مصنوعی تعریف می‌شود.

برخی از مطرح‌ترین الگوریتم مورچه‌ها سیستم مورچه نخبه[۱]، سیستم مورچه ماکسیموم - مینیمم[۲] ، سیستم کلونی مورچه[۳] می‌باشند [۳۳].

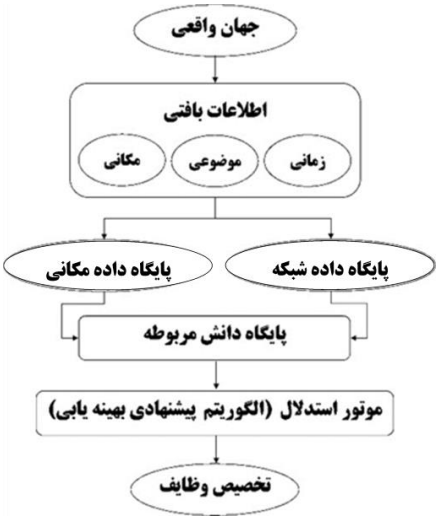
یکی از مواردی که قبل از اجرای الگوریتم باید مشخص باشد، تعداد مورچه‌ها است. در مرحله ابتدایی اجرای الگوریتم مورچه‌ها به طور تصادفی در فضای پاسخ قرار می‌گیرند. برای تنظیم فرومون اولیه می‌توان از یک مقدار تصادفی در بازه $[0,\tau_0]$ استفاده نمود. حداکثر تعداد تکرار الگوریتم، شاخص دیگری است که قبل از شروع الگوریتم باید تنظیم شود [۳۳]. در هر تکرار مورچه‌ها برای انتقال از موقعیت کنونی به موقعیت بعدی از یک تابع احتمال بر اساس رابطه (۱) استفاده می‌کنند[۳۲].

$$P_{ij}^{k}(t)=\begin{cases}\dfrac{\tau_{ij}^{\alpha}(t)*\eta_{ij}^{\beta}(t)}{\sum_{j\in N_i^k}\tau_{ij}^{\alpha}(t)*\eta_{ij}^{\beta}(t)}, & j\in N_j^k\\ 0\ , & j\notin N_j^k\end{cases} \qquad (۱)$$

در این رابطه $P_{ij}^{k}(t)$ احتمال انتقال مورچه k ام در زمان t از موقعیت i به موقعیت j می‌باشد. τ_{ij} چگالی فرومون متناظر حرکت از i به j است. η_{ij} میزان مطلوبیت حرکت از i به j . N_j^k مجموعه موقعیت‌های مجازی است که هنوز توسط مورچه k ام بررسی نشده است [۳۲]. از α جهت تنوع بخشی به پاسخ‌ها و β به عنوان نرخ یادگیری استفاده می‌شود. موقعیت‌های قبلی که توسط مورچه بررسی شده در لیستی قرار می‌گیرد تا مجددا به عنوان پاسخ مناسب انتخاب نشود. در نهایت کل پاسخ‌های انتخاب شده با استفاده از تابع هدف بررسی شده و اگر بهینه‌تر از مجموعه پاسخ تکرار قبلی الگوریتم بود، به عنوان پاسخ مناسب جایگزین آخرین پاسخ بهینه می‌شود. در قسمت روش اجرا تابع هدف مشخص و بیان می‌گردد.

۳- روش تحقیق

با توجه به اطلاعات بافتی که از امدادگران و محیط دریافت می‌شود، شکل زیر بیانگر ساختار مراحل اجرای عملیات امداد و نجات است.



شکل ۱- چارچوب تیم‌های امداد و نجات بافت‌آگاه

مرحله اول در طراحی و توسعه هر برنامه کاربردی بافت آگاه، شناسایی و مدلسازی بافت‌های مؤثر در رفتار آن برنامه کاربردی و مشخص نمودن نحوه تأثیر هر کدام از این بافت‌ها است. به عبارت دیگر در فاز طراحی برنامه کاربردی باید به نحوه‌ی انتخاب بافت و تأثیر آن در عملکرد بهتر برنامه کاربردی توجه نمود. این امر، می‌تواند باعث افزایش کارایی و استفاده پذیری برنامه گردد. سنجنده‌های مختلف مانند سنجنده‌های فیزیکی سخت-افزاری و نرم‌افزاری دریافت کننده داده‌های بافتی هستند که می‌توانند استاتیک یا دینامیک باشند [۳۴]. سنجنده‌ها در این سیستم شامل سنجنده تعیین موقعیت (GPS) و زمان‌سنج و سرعت‌سنج برای شناسایی بافت افراد و بافت همسایگان آن‌ها و سیستم فاصله‌سنج افراد نسبت به همسایگانشان و بافت‌های آسیب دیده در محیط و نیز، سرویس‌دهنده تخمین خسارت می‌باشد. مهمترین مسئله در یک سیستم بافت آگاه تعیین موقعیت و ردیابی مداوم کاربر، با دقت و صحت مناسب است. در مباحث و شرایط اورژانسی، زمان از اهمیت بالایی برخوردار است.

تعیین موقعیت در سیستم‌های فراگستر به صورت مسئله‌ای است که هنوز در بسیاری از تحقیقات انجام شده در چند سال اخیر مورد بحث است. در اغلب تحقیقاتی که تاکنون صورت پذیرفته است، از روش چند سیستمی یا از ادغام سنجنده‌های متفاوت برای تعیین موقعیت استفاده شود [۳۴]. در این پژوهش، از سیستم GPS استفاده گردیده است. مدیریت و پردازش داده‌های بافتی پس از ارسال به سرور پردازشی بر روی پایگاه داده ذخیره می‌شوند و پردازش داده‌ها در این بخش انجام می‌شود. پردازش داده‌ها در استدلال

---

۱ Ant-System
۲ Min-Max Ant System
۳ Ant Colony System

بافت‌آگاه بر اساس گزاره‌هایی در قالب جملات «اگر– آنگاه» صورت می‌پذیرد و در نهایت تصمیم‌ها به صورت توصیه‌هایی بر اساس شرایط مکانی- زمانی، توسط رابط کاربر به کاربران نمایش داده می‌شود [۳۴].

به منظور ارائه یک تعریف معنادار برای مفهوم "بافت" در استقرار تیم‌های امداد و نجات، مفهوم امدادگر جایگاه اصلی در این تعریف را دارا می‌باشد. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، در کل فضای مسئله از سه بخش تشکیل شده است. امدادگر که به عنوان بافت اصلی تعریف می‌شود. تیم امدادی به عنوان محیط شی، که شامل اطلاعات مربوط به گروهی از امدادگران، از جمله موقعیت افراد تیم، فاصله آن-ها از یکدیگر و وضعیت جسمانی و فعالیتی آن‌ها نسبت به دیگر امدادگران در گروه می‌باشد. و نیز محیط فیزیکی، که مجموعه‌ای از افراد آسیب دیده، مکان‌های مسکونی و تیم-های امداد و نجات در یک منطقه خاص می‌باشد. همچنین ممکن است روابط و محدودیت‌هایی برای راه اندازی عملیات امداد و نجات اشاره شود. همچنین ممکن است شامل اطلاعاتی در مورد اولیت‌هایی برای تخصیص امدادگران و فعالیت‌های موجود وجود داشته باشد.

بنابراین، بافت در موضوع امداد و نجات، تمام وضعیت، بافت یا محیط یک امدادگر می‌باشد. این اطلاعات شامل اطلاعات مربوط به خود امدادگر، تیم امداد و نجات و محیط فیزیکی و تعاملات آن‌ها در یک زمان معین است به این معنا که برای یک تیم امداد و نجات متمرکز باید بافت‌های متفاوتی شناسایی شود. بافتهای موثر امدادگرها، موقعیت، سرعت، زمان، وضعیت جسمانی و فاصله امدادگر از فعالیت‌ها در مکان‌های مختلف و ارتباط و وضعیت آن با دیگر امدادگران و محیط فیزیکی است که در شکل ۱، به نمایش در آمده است.

شکل ۲- انواع بافت در امداد و نجات

با توجه به چارچوب مطروحه برای امدادگران و تیم‌های امداد و نجات، یک الگوریتم بهینه‌سازی بافت آگاه برای تخصیص بهینه‌ی امدادرسانان و فعالیت‌های امداد و نجات جهت بهبود عملکرد تیم‌ها توسعه داده شده است. به حداکثر رساندن کارایی تیم‌ها و امدادگران و کاهش زمان کلی امداد و نجات در یک محیط شهری که بحران زلزله رخ داده است، جایابی امدادگران براساس اولویت‌های تخصص‌هایشان و اولویت‌های فعالیت‌های موجود امداد و نجات و اطلاعات بافتی ثبت شده از آن‌ها در هر زمان در محل رخداد سانحه، هدف اصلی طراحی و اجرای این الگوریتم است. به منظور تصمیم گیری در مورد اقدامات هوشمند برای بهینه‌سازی تیم‌های امداد و نجات، سطوح مختلفی برای بافت‌ها فرض می‌شود. با درنظرگرفتن بافت‌های مختلف و مقدار بهبود به دست آمده از اجرای الگوریتم بهینه‌سازی پیشنهادی، بهترین چینش تیم-های امداد و نجات در محل رخداد سانحه محاسبه شده و پیاده‌سازی شد.

برای دستیابی به مدیریت بهینه نجات، به نظر می‌رسد یک تعامل متقابل[۱] ضروری است [۲۵]. جهت برقراری ارتباط بین اطلاعات بافتی مختلف که بدست آمده و امکان بهینه‌سازی فرآیند امداد و نجات با داشتن این اطلاعات، رابطه‌ای ریاضی می‌بایست تعریف شده و در نهایت با استفاده از اطلاعات حس شده از بافت‌های مختلف در محیط مسئله و الگوریتم پیشنهادی، بهینه شود. با توجه به اطلاعات کسب شده در پژوهش، همانطور که ذکر گردید، تابعی به عنوان تابع هدف در این الگوریتم طراحی شد (رابطه ۲) که به صورت ذیل است و با استفاده از CI ها و الگوریتم پیشنهادی این پژوهش و اولویت‌های مذکور بهینه می‌شود. از آنجا که این تابع یک تابع غیر خطی پیوسته است و نیز طبق مطالعات انجام شده روش بهینه-سازی کلونی مورچگان توانایی‌ها حل اینگونه توابع را دارد و پاسخ‌های اجرای الگوریتم مذکور، که همان تخصیص افراد به فعالیت‌ها در این پژوهش است بهینه می‌شود:

$$Cost = (1/MaxInju\ red) * (e^{-SS \times ST \times Spacing/\ Area\ Assigned}) \qquad (۲)$$

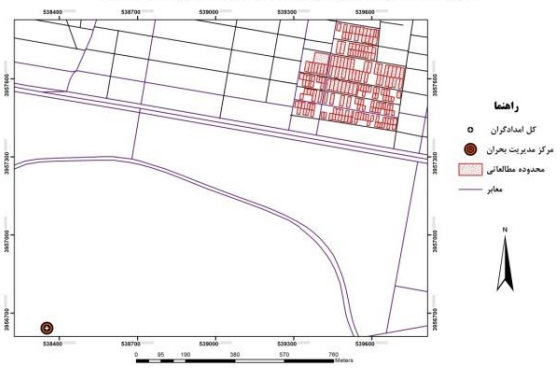
در روابط بالا، همگی پارامترها می‌بایست از یک واحد یا دیمانسیون تبعیت نمایند [۳۵]، MaxInjured بیشترین تعداد مجروح در بین مجروحان هر سازه مسکونی،

۱ Close interaction

AreaAssigned مساحت تخصیص یافته است [۳۶] که در این پژوهش همان مساحت ناحیه‌ای که فعالیت در آن قرار دارد می‌باشد. Spacing فاصله امدادرسان تا محل فعالیت و ST و SS هم به ترتیب مدت زمان انجام فعالیت و سرعت امدادرسانان می‌باشد. اگر امدادگری به منطقه‌ای که تخمین زده می شود چند نفر زیر آوار هستند اعزام شود، مدت زمان انجام فعالیت ها در تعداد افراد زیرآوار ضرب خواهد شد. و نیز، هزینه نهایی فعالیتی که برای انجام آن به چند نفر احتیاج است، از حاصل جمع هزینه تک تک افرادی که آن فعالیت را انجام می دهند، بدست خواهد آمد.

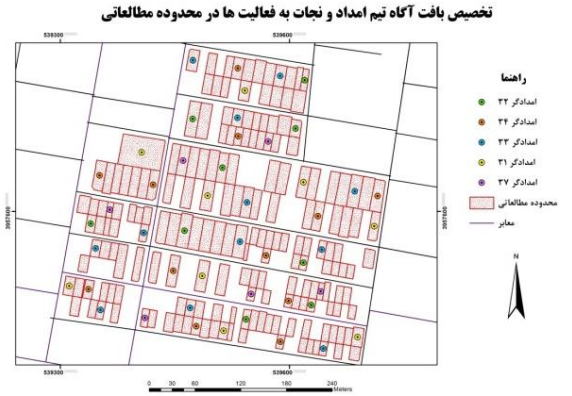
۴- پیاده‌سازی

مسئله مورد نظر در قسمتی از محدوده مرکزی شهر تهران واقع در منطقه ۳ بالاتر از میدان محسنی بررسی شده است. فعالیت‌های موجود در امداد و نجات بحران زلزله شامل تجسس و زنده‌یابی، ارزیابی اولیه منطقه، آواربرداری سبک، آواربرداری سنگین، ثبت تعداد فوتی‌ها و مشخصات آنها، کمک‌های اولیه، قطع آب و برق و گاز، نشانه‌گذاری، شمعک‌زنی (امن‌سازی منطقه)، هوارسانی در آوار، بازسازی شبکه‌ی راه‌ها می‌باشد[۳۷]. در این پژوهش برای بررسی مدل ارائه شده ۴۸ امدادرسان در غالب ۶ تیم ۸ نفره، مدنظر قرار گرفتند و در ابتدای امدادرسانی در نزدیکترین مرکز مدیریت بحران منطقه مطالعاتی مستقر شدند که شکل ۱ محدوده مطالعاتی و موقعیت اولیه امدادرسانان نسبت به محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد. امدادرسانان شامل امدادگر و نجاتگر در سطوح مهارتی ۱، ۲ و ۳ می‌باشند. خسارات انسانی شامل: جراحت سطحی بدون نیاز به بستری، جراحت نیاز به بستری، فوتی است.



شکل ۳- محدوده مطالعاتی و موقعیت اولیه امدادگران

با توجه به پارامترهایی که در قسمت روش اجرا شامل اطلاعات توصیفی امدادگران و فعالیت‌ها و خسارات اولیه زلزله و دیگر بافت‌ها بیان شد، با استفاده از روابط ۱تا ۳ برای همه‌ی امدادرسانان نسبت به تمامی مناطق مسکونی محدوده مطالعاتی الگوریتم ACO بصورت بافت آگاه، بررسی و محاسبه می‌شود و در نهایت تخصیص بهینه امدادرسانان به فعالیت‌ها انجام می‌شود. نمونه‌ای از حالت بهینه‌ی تیم‌های امداد و نجات در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- تخصیص بهینه تیم‌های امداد و نجات بافت‌آگاه

در این پیاده‌سازی جداول اطلاعاتی وارد الگوریتم کلونی مورچگان، شد. با توجه به نتایج به دست آمده در اجرای الگوریتم با بافت‌های مختلف، خروجی‌های آن ثبت و نمایش داده شد. در این پژوهش برای کنترل صحت نتایج و جلوگیری از همگرایی سریع الگوریتم و عدم قرارگیری در بهینه محلی، پارامترهای α و β که اعدادی بزرگتر از صفر هستند، مشابه در نظر گرفته شده و برابر یک، تا اثرگذاری پاسخ‌های بهینه قبلی و پاسخ‌های جدید تجربه نشده به یک میزان باشد. جواب اولیه τ_0 نیز برابر با ۰/۰۵ تا جستجوی بیشتری انجام شود.

در محدوده مطالعاتی تصویر بالا؛ نقاط نارنجی (Rescuers34) مربوط به امدادرسانانی است که به فعالیت آواربرداری سبک اختصاص یافته‌اند؛ نقاط سبزرنگ (Rescuers32)، امدادرسانانی که مشغول به فعالیت نشانه-گذاری هستند و نقاط زردرنگ (Rescuers31)، امدادرسانان اختصاص یافته به فعالیت جستجو و زنده‌یابی می‌باشد. و نیز نقاط آبی‌رنگ (Rescuers33) مربوط به امدادرسانان مشغول به فعالیت قطع آب و برق وگاز و نقاط به رنگ بنفش (Rescuers37) امدادرسانانی هستند که به فعالیت کمک-

های اولیه مشغولند. تخصیص افراد با توجه به اولویت فعالیت‌ها انجام می‌شود و مکان‌های مسکونی‌ای که میزان خسارت بیشتر دارند در اولویت امدادرسانی هستند.

در شکل ۶ موقعیت و وضعیت یکی از اعضای تیم عملیاتی امداد و نجات نمایش داده شده است.

شکل ۵- موقعیت یکی از امدادگران

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در بررسی کارایی الگوریتم پیشنهادی، اثر مثبت روش انتخاب جمعیت اولیه، در نتایج حاصله از اجرای الگوریتم پیشنهادی نیز نمایان شد. در نهایت بهبود ۱/۷۹ برابری نتایج، نسبت به حالتی که از بافت‌آگاهی و الگوریتم بهینه-سازی استفاده نشود، حاصل شد. در جدول زیر محاسبه تابع هزینه در دو حالت اجرای الگوریتم پیشنهادی و اجرا نشدن آن، قرار داده شده است که بیان کننده هزینه محاسبه شده از تخصیص صورت پذیرفته در دو حالت مذکور برای کل تیم عملیاتی می‌باشد.

جدول ۱- مقایسه نتایج اجرای الگوریتم پیشنهادی و اعتبارسنجی آن

مدل استفاده شده	هزینه‌ی محاسبه شده برای کل تیم عملیاتی
بدون استفاده از الگوریتم پیشنهادی (بدون استفاده از بافت‌آگاهی و الگوریتم بهینه‌سازی)	۰/۵۶۱
با استفاده از الگوریتم پیشنهادی	۰/۳۱۳

به جهت ساختار بافت آگاهی موضوع این پژوهش و اثرگذار بودن فعالیت هر فرد در فعالیت افراد دیگر و گروه و دسته عملیاتی و نیز گروهی بودن مسئله‌ی مد نظر، الگوریتم کلونی مورچگان که یک الگوریتم بر اساس هوش جمعی است و در آن تجارب خود فرد و گروه برای کسب موقعیت بهینه موثر می‌باشد و در یک محیط گسسته پیداسازی می-شود و همچنین امکان انجام تکرار بیشتر در زمان کمتر را نسبت به بسیاری از الگوریتم‌ها می‌دهد؛ توانست در ایجاد یک سیستم بافت‌آگاه مبتنی بر الگوریتم بهینه‌سازی مناسب هوش مصنوعی به عنوان راهکاری مناسب جهت حل مسئله امداد و نجات پس از زلزله موفق باشد.

بافت افراد، تخصص‌هایشان، فعالیت‌ها و محل‌های آسیب دیده و اولیت‌بندی آن‌ها در الگوریتم پیاده‌سازی شد و استفاده از الگوریتم پیشنهادی این پژوهش و اعمال تغییرات بیان شده در آن، جهت بهینه‌سازی و پیاده‌سازی ساختار علمی و عملی فعالیت‌ها و تیم‌های عملیاتی امداد و نجات، به عنوان راهکاری نوین و اثرگذار در بهبود کیفیت امداد و نجات پس از زلزله موفق عمل نمود. در نهایت همانطور که در جدول شماره ۱، بیان شد، اجرای الگوریتم پیشنهادی در این پژوهش موجب بهبود ۱/۷۹ برابری نتایج حاصله از تخصیص امدادرسانان نسبت به حالتی که از الگوریتم پیشنهادی این پژوهش استفاده نگردد، شد.

مراجع

[1] Hosseini, M., “Crisis Management”, City INS, Tehran, 2008, (in Persian).

[2] Neysani Samani, N. (2013), “Modelling of Spatio-Temporal Relevancy in a Context-Aware GIS”, Ph.D. Thesis, Department of Surveying and Geomatics Engineering at The University of Tehran, 2013.

[3] 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: 513-520.

[4] Vafaeinezhad, A. R. Alesheikh, A. A. Nouri, J. 2010, “Developing a Spatio-temporal model of risk management for earthquake life detection rescue team. International Journal of Environmental Science & Technology”. March 2010, Volume 7, Issue 2, pp 243–250.

[5] Rasekh, A., Vafaeinezhad, A. R. (2012), “Developing a GIS-Based Decision Support System for Resource Allocation in Earthquake Search and Rescue Operation”, Computational Science and Its Applications – ICCSA 2012, Volume 7334 of the series Lecture Notes in Computer Science PP. 275-285.

[6] Xiaoping Liua, Xia Lia, Xun Shib, Kangning Huanga & Yilun Liua, (2012), “ A multi-type ant colony optimization (MACO) method for optimal land use allocation in large areas”, International Journal of Geographical Information Science, Volume 26, 2012 - Issue 7, Pages 1325-1343, Taylor and Francis Online.

[7] Ghaderi, Abdolsalam et al. (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.

[8] Yao Lin Liu et al. (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.

[9] Granmo, Ole-Christoffer; Jaziar Radianti, Morten Goodwin, Julie Dugdale, Parvaneh Sarshar, Sondre Glimsdal, and Jose J. Gonzalez, (2013), “ A Spatio-temporal Probabilistic Model of Hazard and Crowd Dynamics in Disasters for Evacuation Planning”, Applied Intelligence, January 2013. Volume 42. Issue 1. pp 3–23.

[10] Mahdjoub, J., Rousseaux F., Soulier E. (2014), “Towards Better Coordination of Rescue Teams in Crisis Situations: A Promising ACO Algorithm”, Information Systems for Crisis Response and Management in Mediterranean Countries, Volume 196 of the series Lecture Notes in Business Information Processing PP. 135-142.

[11] Radianti, Jaziar; Ole-Christoffer Granmo, Parvaneh Sarshar, Morten Goodwin, Julie Dugdale, Jose J. Gonzalez, (2015), “A Spatio-temporal probabilistic model of hazard- and crowd dynamics for evacuation planning in disasters”, Applied Intelligence, January 2015, Volume 42, Issue 1, pp 3–23.

[12] Lin, J. T., Chiu, C. C. (2015) “A hybrid particle swarm optimization with local search for stochastic resource allocation problem”, Journal of Intelligent Manufacturing, PP. 1–15.

[13] Nedjah, Nadia. Mathias, Rafael. Mendonça, Luiza. Mourelle, Macedo. (2015), “PSO-based Distributed Algorithm for Dynamic Task Allocation in a Robotic Swarm”, Procedia Computer Science, Volume 51, 2015, Pages 326-335.

[14] Wei Hong Lim, Nor Ashidi Mat Isa, (2015), “Particle swarm optimization with dual-level task allocation”, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Volume 38, February 2015, Pages 88-110.

[15] R.K.Jena. (2015), “Multi-Objective Task Scheduling in Cloud Environment Using Nested PSO Framework”, Procedia Computer Science, Volume 57, 2015, Pages 1219-1227.

[16] Gyeongtaek Oh, Youdan Kim, Jaemyung Ahn, Han-Lim Choi. (2016), “PSO-based Optimal Task Allocation for Cooperative Timing Missions”, IFAC-PapersOnLine, Volume 49, Issue 17, Pages 314-319.

[17] Lei X., Zhou, X. Z., Li, Q. M., Zhang, X. F. (2016), “Energy-efficient resource allocation for multiuser OFDMA system based on hybrid genetic simulated annealing”, Soft Computing. PP. 1–8. Springer

[18] Akbari, M., Rashidi, H. (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.

[19] Sargolzaei, A. Vafaeinejad, A. R. (2018), "Finding the shortest network path using the Cuckoo Optimization algorithm in the spatial information system." Journal of Science and Technology Mapping. Volume 6, Issue 4. Tehran. Iran, (in Persian).

[20] Ilaria Baffo, Pasquale Carotenuto, Stefania Rondine, (2017) “An orienteering-based approach to manage emergency situation”, Transportation Research Procedia, Volume 22, 2017, Pages 297-304.

[21] Tang Jian, Zhu Kejun, Guo Haixiang, Gong Chengzhu, Liao Can, Zhang Shuwen, (2018), " Using auction-based task allocation scheme for simulation optimization of search and rescue in disaster relief”, Simulation Modelling Practice and Theory, Volume 82, March 2018, Pages 132-146.

[22] Bolouri, S., Vafaeinejad, A.R., Alesheikh, A.A., Aghamohammadi, H., (2018), “The Ordered Capacitated Multi-Objective Location-Allocation Problem for Fire Stations Using Spatial Optimization”, ISPRS International Journal of Geo-Information, Vol. 7, No. 2, PP. 44-64.

[23] Hongman Wang, Renfei Xu, Xiong Zijie, Xiaoguang Zhou, Qihua Wang, Qi Duan, Xiaochong Bu, (2018), “Research on the Optimized Dispatch and Transportation Scheme for Emergency Logistics”, Procedia Computer Science, Volume 129, 2018, Pages 208-214.

[24] Youngchul Shin, Sungwoo Kim, Ilkyeong Moon (2019), “Integrated optimal scheduling of repair crew and relief vehicle after the disaster”, Computers & Operations Research, Volume 105, May 2019, Pages 237-247.

[25] Vahidnia, M.H., Vafaeinejad, A.R., Shafiei, M., (2019), “Heuristic game-theoretic equilibrium establishment with application to task distribution among agents in spatial networks”, Journal of Spatial Science, Vol. 64, No.1, PP. 131-152.

[26] Ferrer, José M. Teresa Ortuño, M. Tirado, Gregorio, (2020), “A New Ant Colony-Based Methodology for Disaster Relief”, Mathematics 2020, 8, 518.

[27] Argany, M., Mostafavi, M. A., Gagné, Ch., (2015), “Context-Aware Local Optimization of Sensor Network Deployment”; Journal of Sensor and Actuator Networks, 160-188.

[28] Eizadi, A. (2011), “Review over the basis of disaster management”; Relief & Rescue organization, Tehran, (in Persian).

[29] Bahrami, N., (2019), “Using Tabu Search Algorithm and Geospatial Information System for Managing of the Relief and Rescue Teams”; Journal of Geomatics Science and Technology (JGST), Volume 8, Issue 3, 179-188 (in Persian).

[30] Bahrami, N., Argany, M., Neysani Samani, N., Vafaeinejad, A. R. (2019), “Designing a context-aware recommender system in the optimization of the relief and rescue”, The ISPRS international Geospatial Conference Joint SMPR and GIResearch (Scopus).

[31] Valadbeygi, B., Pour Heydari, Gh. (2011), “Response and Recovery in crises”. Iranian Crescent Institute of Applied Science and Technology, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran. (in Persian)

[32] Karamouz, M., Ahmadi, A., Falahi, M., (2015), “System Engineering”, University of Amirkabir Press, Tehran, Iran.

[33] Samadzadegan, F., Alizadeh, A., (2012), “Computational Swarm Intelligence Theory & Application”, University of Tehran Press, Tehran, Iran.

[34] Sajadian, B. M., Vafaeinejad, A. R., Alesheikh, A. A., 2017. “Designing a context-aware recommender system in terms of air pollution”; Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), Vo. 26, No. 101, 61-71, Spring.

[35] Vafaeinezhad, A. R., Alesheikh, A. A., Hamrah, M., Nourjou, R., Shad, R. (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.

[36] “Mountaineer Area Rescue Group. Probability of Detection”. Appalachian Search and Rescue Conference.

[37] Mazidabadi, Sh. (2003), “Collapsed Structure Search And Rescue”, Nakhl INS, Tehran, (in Persian).