فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال شانزدهم/ شماره ۵۷ / پاییز ۱۴۰۰

مکان‌یابی بهینه استقرار آمبولانس ها در شبکه جاده‌ای استان آذربایجان شرقی با رویکرد ترکیبی شبیه سازی عامل بنیان و الگوریتم ژنتیک

بیژن علمی
دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات ، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
نقی شجاع (نویسنده مسئول)
دانشیار گروه ریاضی، واحد فیروز کوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروز کوه، ایران
Email: nashoja@yahoo.com
عباس طلوعی اشلقی
استاد تمام گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات ، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
سلیمان ایرانزاده
استاد تمام گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۱۳ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۰۷/۲۳

چکیده

میزان و نوع تخصیص منابع و اتخاذ استراتژیهای لازم برای تأمین مؤثر اقدامات اورژانسی با توجه به نقش حیاتی این مراکز در سیستم سلامت، و میزان توانایی این مراکز در پاسخ مؤثر به تماسهای اورژانسی یک عنصر مهم در تأمین و بازیابی سلامت بیماران محسوب میشود. در این پژوهش، یافتن بهترین موقعیت مکانی اورژانسها با توجه به کنش متقابل بین عامل‌ها، محدودیت‌های محیطی و ویژگیهای رفتاری متفاوت عوامل مختلف مفروض در مسئله، مدنظر می‌باشد. این تحقیق از لحاظ هدف کاربردی و توصیفی با رویکرد مدل‌سازی تبیینی می‌باشد که در ارائه مدل از نظرسنجی خبرگان استفاده شده و در اجرای مدل که مبتنی بر کاربست الگوریتم متاهیورستیک (از نوع ژنتیک) میباشد، دادههای عینی و ذهنی ترکیب گردیده است. متغیرهای عامل و محیطی طی رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی عامل بنیان و الگوریتم متاهیورستیک مدلیزه شده‌اند. زمان اولیه برای پیمایش یک ساختار اولیه برای ۴۰ نقطه حادثه‌خیز و ۵ ایستگاه برابر با ۷۸۶۰ بوده که پس از بهینه‌سازی به روش ژنتیک و تولید لیست جدید و نیز جهش آمبولانسها از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر نتایج به عددی بین ۲۷۰۰ و ۴۰۰۰ رسید. استفاده از این نوع بهینه‌سازی میتواند به‌سرعت فعالیتها و کاهش هزینه‌ها کمک شایانی نماید. با توجه به یکسان نبودن ترافیک نقاط، زمان رسیدن آمبولانس به نقاط حادثه‌خیز برابر نخواهد بود. لذا با تغییر نقاط استقرار، بنا بر شرایط با جلو یا عقب رفتن و اختصاصی نمودن خصوصیات آمبولانس‌ها و نقاط حادثه‌خیز و ترکیب لیست نقاط میتوان زمان پیمایش کل نقاط حادثه‌خیز را کاهش داد.

کلمات کلیدی: استقرار، شبکه جاده‌ای، مدل‌سازی عامل بنیان، مکان‌یابی.

۱-مقدمه

«مراکز امدادی اورژانسی» بخش مهم سیستم‌های سلامت مدرن را شامل شده و مسئولیت آن‌ها، یک فعالیت پیش بیمارستانی در سیستم سلامت می‌باشد که شامل مراقبت‌های پزشکی و انتقال بیماران تا بیمارستان است. با توجه به نقش حیاتی این مراکز در سیستم سلامت، میزان توانایی این مراکز در پاسخ مؤثر به تماس‌های اورژانسی و درخواست تسهیلات مربوطه، یک عنصر مهم در تأمین و بازیابی سلامت بیماران محسوب می‌شود. بر مبنای آنچه بیان گردید سؤال تحقیق حاضر بر این استوار است که عوامل مؤثر بر مکان‌یابی بهینه‌ی اورژانس‌های بین جاده‌ای در استان آذربایجان شرقی کدام بوده و بهترین موقعیت مکانی اورژانس‌ها با توجه به کنش متقابل بین عوامل، محدودیت‌های محیطی و ویژگی‌های رفتاری متفاوت عوامل مختلف مفروض در مسئله کدام است؟

در چند سال اخیر، تلاش‌های زیادی در خصوص توسعه روش‌هایی که به شکل روشن‌تری به موضوع عدم قطعیت و پویایی ذات مراکز امدادی اورژانسی می‌پردازد، انجام یافته است که منجر به طرح تعداد قابل ملاحظه‌ای از مدل‌ها و استراتژی‌ها برای تصمیم‌گیری در سطوح عملیاتی شده است (Cassco, 2001). مدل‌های مرتبط با مکانیابی آمبولانس‌های ثابت، به طور عمده شامل سه گروه مدل‌های تک بار پوششی قطعی، مدل‌های چند بار پوششی قطعی، مدل‌های احتمالاتی و تصادفی می‌شود (Aringhieri, Bruni, Khodaparasti & van Essen, 2017).

(Reuter-Oppermann, van den Berg, & Vile, 2017) در تحقیقی پیرامون مسائل مدیریتی در مراکز امدادی اورژانسی بر وابستگی بین مسائل طرح‌ریزی‌ها و سطوح طرح‌ریزی می‌پردازد. (Aringhieri et al, 2017) مفهوم «مسیر اضطراری» را معرفی کردند و در آن به مسئله مکان‌یابی و مکان‌یابی مجدد آمبولانس‌های اورژانس تمرکز کرده‌اند. با وجود همه مزایایی که بر روش‌های مدل‌سازی سه‌گانه و تلاش‌های اخیر در مدل‌سازی مکان‌یابی وسایل اورژانسی مترتب می‌باشد، با تکیه بر نظریه علم پیچیدگی به نظر می‌رسد که مسئله مکان‌یابی به دلیل برهم کنش عوامل پیچیده عالم واقع مرتبط با این موضوع، همچنان قابل پیگیری بوده و هیچ یک از نتایج مدل‌سازی‌های اخیر با واقعیت‌های موجود تطابق حداکثری نخواهد داشت. از باب مثال، عواملی چون توانمندی کادر پزشکی آمبولانس‌ها، وضعیت فنی آمبولانس‌ها و همچنین شرایط خاص هر یک از عوامل و کنش متقابل آن‌ها را نمی‌توان به‌طور روشمندی در این مدل‌ها دخیل نمود. حاکمیت چنین شرایطی معلول ماهیت پیچیده‌ی محیط مسئله بوده و در نتیجه تحت تئوری پیچیدگی قابل تبیین خواهد بود. علم پیچیدگی علم بررسی قواعدی است که در تمام سیستم‌های روایی وجود دارد و به نوعی اعتقاد دارد که رفتارهای پیچیده در سیستم‌ها از قواعد بسیار ساده اجزاء که دارای ارتباط بوده و به صورت جمعی عمل می‌کنند، ظاهر می‌شود (Cassco, 2001). همچنین یکی از موضوعات اصلی مورد مطالعه در این علم، «خاصیت نوظهور» است؛ بدین معنی که رفتارهای کلی از اجزائی مستقل به هم بدست می‌آیند Litkoohi & Jahan). (Bakhsh & CHarkh CHian, 2014) از این رهگذر، روش عامل بنیان، تحت عنوان روشی که عامل‌ها یا افراد موجود در یک جامعه با ویژگی‌های موردنظر را مدل‌سازی می‌کنند و رفتارهای عوامل را در فضای متقابل تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مدنظر قرار می‌دهد، مورد توجه قرار گرفت (Bafandeh Zendeh & Danaye Nemat Abad, 2016). وجود چنین شرایطی باعث می‌شود تا روش‌های حل کلاسیک نتوانند بر مشکل فرار از بهینه‌های محلی فائق آیند. از این رهگذر، برای یافتن مناسب‌ترین چینش برای موقعیت اولیه آمبولانس‌ها (به‌عنوان عوامل– اجزا) در سیستم امداد اورژانسی از یک الگوریتم هوش تکاملی بر پایه جمعیت، بنام الگوریتم ژنتیک استفاده خواهد شد. در واقع الگوریتم‌های فراابتکاری، یکی از انواع الگوریتم‌های بهینه‌سازی تقریبی هستند که دارای راهکارهای برون‌رفت از نقاط بهینه محلی هستند و قابلیت کاربرد در طیف گسترده‌ای از مسائل را دارند(Merrikh Bayat, 2014). الگوریتم ژنتیک یک الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر جمعیت محسوب می‌شود که از تکنیک‌های زیست‌شناسی مانند وراثت، جهش زیست‌شناسی و اصول انتخابی داروین برای یافتن جواب بهینه استفاده می‌کند. لذا الگوریتم ژنتیک می‌تواند هزینه بالای محاسباتی ناشی از مدل‌سازی عامل بنیان در محاسبه مجموعه بهینه مکان‌های وسایل اورژانسی را تا حد زیادی کاهش دهد. با عنایت بر ضرورت مکان‌یابی در بخش فوریت‌های پزشکی، تحقیق حاضر در مکان‌یابی ایستگاه‌های موردنیاز و استقرار مجدد ایستگاه‌های اورژانس بین جاده‌ای دارای ضرورت و اهمیت می‌باشد. «بر این اساس ایده

اولیه پژوهش حاضر بر این استوار است که مکان‌یابی مراکز اورژانس بین جاده‌ای معلول عواملی است که ماهیت پویا داشته و در فضای کنش متقابلی ممکن است رفتارهای متفاوتی را از خود متجلی سازند، تحلیل و مدل‌سازی چنین شرایط محیطی حاکم بر عوامل هویت‌ساز مکان‌یابی مراکز اورژانس، مستلزم ساختاردهی عامل–بنیان مبتنی بر محیط واقع بوده و عملیاتی سازی آن توأم با هزینه‌های محاسباتی زیادی است که از طریق الگوریتم‌های فراابتکاری (متاهیورستیک) برطرف خواهد شد».

۲- روش‌شناسی تحقیق

الف) پیشینه نظری

در این پژوهش روش‌های حل مدل با تکیه بر تئوری پیچیدگی، کنش متقابل عوامل مؤثر در مکان‌یابی، افتراق ماهوی و عملکردی عوامل دخیل در امر مکان‌یابی آمبولانس‌های بین جاده‌ای و در نتیجه امکان بروز رفتارهای مختلف از عوامل در محیط اجرای مدل، شبیه‌سازی عامل بنیان پیشنهاد می‌گردد. لذا الگوریتم ژنتیک می‌تواند هزینه بالای محاسباتی ناشی از مدل‌سازی عامل بنیان در محاسبه مجموعه بهینه مکان‌های وسایل اورژانسی را بسیار کاهش دهد.

تحقیق حاضر از لحاظ هدف کاربردی و توصیفی با رویکرد مدل‌سازی تبیینی است. در ارائه مدل از نظرسنجی خبرگان بهره‌گیری شده و در اجرای مدل که مبتنی بر کاربست الگوریتم متاهیورستیک (از نوع ژنتیک) می‌باشد، متغیرهای عامل و محیطی طی رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی عامل بنیان و الگوریتم متاهیورستیک در محیط نرم‌افزاری نت لوگو مدلیزه شده‌اند. جامعه آماری خبرگان به تعداد ۷۰ نفر بوده که در مدل‌سازی عامل بنیان و تعریف شیوه ارتباط عامل‌ها و رفتارهای عوامل در محیط از نظرسنجی ایشان استفاده شده است. در این تحقیق ترکیب روش کتابخانه‌ای و میدانی مدنظر بوده که ابتدا بر اساس مؤلفه‌هایی چون کنش متقابل عوامل/کنشگران دخیل در استقرار بهینه آمبولانس‌ها در شبکه جاده‌ای و نیز رفتارشناسی عوامل، اقدام به شبیه‌سازی عامل بنیان نموده و سپس جهت اجرای مدل مذکور از رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی عامل بنیان و الگوریتم‌های متاهیورستیک استفاده شده است. در شبیه‌سازی عامل بنیان، رفتارها و خصوصیات عامل‌ها در مسئله تعریف شده و توابع مربوط به رفتار آنها در محیط نرم‌افزاری نت لوگو پیاده‌سازی شده است. سپس عامل‌ها در محیط قرار گرفته و کنش متقابل آن‌ها با محیط و سایر عوامل پیاده‌سازی شدند.

ب) پیشینه تجربی

به‌منظور تبیین و تشریح خلاء تحقیقاتی موجود در زمینه روش‌های مکان‌یابی و تصمیم‌گیری‌های اعزام، جدول شماره(۱) خلاصه‌ای از نتایج مهم‌ترین تحقیقات انجام شده در موضوع مذکور را نمایش می‌دهد. در جدول مذکور تقریباً در همه مدل می‌توان متغیرهای موقعیت تماس‌های حاصل و ایستگاه‌های آمبولانس را در نظر گرفت.

جدول ذیل سیر تاریخی مدل‌سازی مکان‌یابی آمبولانس برای پاسخ بهینه و عادلانه را نشان می‌دهد و هر مدلی سعی در مدلیزه کردن جنبه‌ای از واقعیت‌های مسئله مذکور را دارد. با این تکامل فرآیند و با مدل‌سازی‌های چندلایه‌ای و متغیر زمانی و در نظر گرفتن جنبه‌های واقع‌گرایانه‌تر، مسئله مکان‌یابی مذکور پیچیده‌تر می‌شود که به معنی ظهور دسته معادلات با متغیرهای بالاتر همراه با قیدهای معادله‌ای و نامعادله‌ای بیشتری می‌باشد که حل آن‌ها از روش‌های کلاسیک ریاضی مقدور نبوده و پژوهشگران بناچار دست به دامن روش‌های حل تقریبی از قبیل برنامه‌ریزی پویا و الگوریتم‌های متاهیوریستک شده‌اند. البته به نظر می‌آید در صورت پذیرش مسئله مکان‌یابی آمبولانس‌ها به‌عنوان یک مسئله در فضای نظریه پیچیدگی، که در عامل‌های آن، آمبولانس‌ها و شرایط محیطی (شامل جاده، مراکز کنترل مرکزی، شرایط ایستگاه‌ها) و نیز تماس‌های دریافتی سروکار دارد که این عامل‌ها در تعامل با هم بوده و رفتار و ویژگی‌های آن‌ها در گذر تکامل و تغییر هستند. لذا استفاده از مدل‌سازی عامل بنیان برای چنین سیستم پیچیده‌ای اجتناب‌ناپذیر می‌شود. از این رو در این پژوهش، مدل‌سازی عامل بنیان به‌عنوان ابزار متعارف مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده برای مدل‌سازی و تحلیل مسئله مورد استفاده قرار می‌گیرد و نیز از الگوریتم‌های متاهیوریستک از قبیل الگوریتم ژنتیک در تصمیمات کنترل مرکزی ایستگاه‌ها و توزیع اولیه بهینه استفاده خواهد شد تا راه‌حل‌های سریع‌تری برای معادلات مربوطه پیدا کنیم و نیز از به دام افتادن پاسخ در بهینه‌های محلی اجتناب کرده باشیم.

جدول شماره (۱): خلاصه‌ای از مهم‌ترین نتایج تحقیقات انجام شده در زمینه روش‌های مکانیابی و تصمیم‌گیری

پژوهشگر/سال	مدل پیشنهادی	دسته‌بندی مدل	نتایج/یافته‌ها	نقص	متغیر اضافی

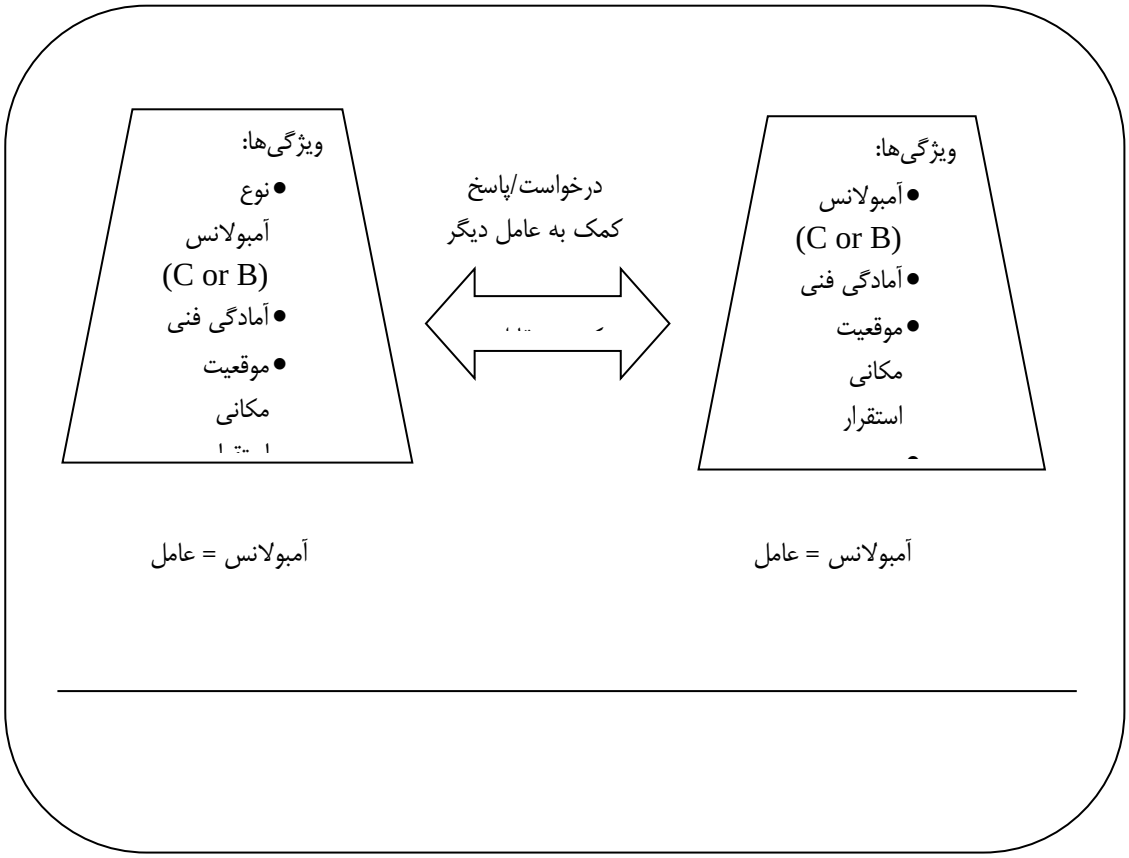
Toregas, Swain, ReVelle, & Bergman, (1971)	LSCP	سطح عملیاتی/مدل ایستا/قطعی یک بار پوشش	پوشش تماس‌های دریافتی	ازدیاد آمبولانس‌های لازم وعدم تضمین پوشش کامل	
Church & ReVelle, (1974)	MCLP	سطح عملیاتی/ مدل ایستا/ قطعی یک بار پوشش	پوشش بهینه دریافتی	عدم تضمین پوشش کامل	
Daskin & Stern, (1981)	HOSC	سطح عملیاتی/ مدل ایستا/ قطعی چند بار پوشش	حداقل کردن آمبولانس‌های استفاده شده و تضمین یک بار پوشش کامل	عدم بهینه بودن استفاده از آمبولانس اضافی برای همه نواحی	
Hogan & ReVelle, (1986)	BACOP1 BACOP2	سطح عملیاتی/ مدل ایستا/ قطعی چند بار پوشش	حداقل کردن آمبولانس‌های استفاده شده و سعی در دو بار پوشش کامل	شعاع حرکت آمبولانس‌ها مقدار ثابتی بود	
Gendreau, Laporte, & Semet, (1997)	DSM	سطح عملیاتی/ مدل ایستا/ قطعی چند بار پوشش	حداقل کردن آمبولانس‌های استفاده شده و تضمین یک بار پوشش کامل		شعاع حرکت آمبولانس‌ها
Batta, Dolan, & Krishnamurty, (1998)	AMEXCLP	سطح عملیاتی/ مدل ایستا / احتمالی	حداکثر کردن پوشش مورد انتظار و حذف شرط استقلال عمل آمبولانس‌ها	ثابت بودن جابجایی سفر در بازه‌های زمانی متفاوت	زمان سفر آمبولانس‌ها در زمان‌های متفاوت
Goldberg , Dietrich , Chen, Mitwasi, Valenzuela, & Criss, (1990)	MEXCLP+	سطح عملیاتی/ مدل ایستا / احتمالی	حداکثر کردن پوشش مورد انتظار، اعزام براساس لیست اولویت		اعزام براساس متغیر اولویت تماس‌ها
ReVelle & Hogan, (1988)	PLSCP	سطح عملیاتی/مدل ایستا /احتمالی–تصادفی	پوشش تماس‌های دریافتی براساس موقعیت مکانی احتمالی	ضریب ترافیک کاری برای همه آمبولانس‌ها یکی است.	متغیر احتمال حادث شدن تماس
Marianov & ReVelle, (1995)	Q-PLSCP وQ- MALP	سطح عملیاتی/ مدل ایستا / احتمالی–تصادفی	محاسبه تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز. برای اطمینان از قابلیت اطمینان سیستم استفاده می‌شود		
Beraldi, Bruni, & Conforti, (2004)	مدل‌های تخصیص– مکان تصادفی مقاوم	سطح عملیاتی/ مدل ایستا / تصادفی مقاوم	حداقل رساندن هزینه‌ها، تحت محدودیت‌های رضایت		هزینه‌های باز شدن ایستگاه‌ها و

		از تقاضا			هزینه ارائه تقاضا
Beraldi & Bruni, (2009)	مدل‌های تخصیص- مکان تصادفی مقاوم (دومرحله‌ای)	سطح عملیاتی/ مدل ایستا / تصادفی مقاوم	حداقل کردن آمبولانس‌ها و حداکثر کردن پاسخ‌ها		
Nickel, Reuter-Oppermann, & da Gama, (2016)	مدل‌های تخصیص- مکان تصادفی مقاوم نمونه‌برداری گسسته	سطح عملیاتی/مدل ایستا /تصادفی مقاوم	حداقل رساندن هزینه‌های ثابت ضمن تضمین سطح پوشش مشخص برای کلیه سناریوها		
McLay & Mayorga, (2013)	MSLP+	سطح عملیاتی/ مدل ایستا / حداکثر بقا	حداکثر کردن بقاء مصدومین و در نظر گرفتن متغیرهای آستانه زمان پوشش و پاسخ		تأخیرهای مداخله و متغیرهای آستانه زمان پوشش و پاسخ
Zhang & Li, (2015)	مدل برابری	سطح عملیاتی/ مدل ایستا / مدل‌های برابری	عدالت دسترسی به خدمات عمومی را با به حداقل رساندن محدوده زمان انتظار		عدالت در دسترسی به خدمات
McLay & Mayorga, (2013)	مدل برابری	سطح عملیاتی/ مدل ایستا / مدل‌های برابری	عدالت در پذیرش بیماران و عدالت در زمان انتظار بیماران		متغیر پذیرش بیماران و متغیر زمان انتظار
Su, Luo & Huang, (2015)	MELP	سطح عملیاتی/ مدل ایستا / مدل‌های برابری	حداقل کردن حسادت به‌عنوان عدم رعایت عدالت	حداقل کردن حسادت‌های محلی	متغیر حسادت
Chanta, Mayorga, Kurz, & McLay, (2011)	MPELP	سطح عملیاتی/ مدل ایستا / مدل‌های برابری	هدف یافتن مکان‌های بهینه برای آمبولانس به‌منظور به حداقل رساندن کل حسادت		متغیر حسادت
Repede & Bernardo, (1994)	TIMEXCLP	سطح عملیاتی/ مدل پویا/ جابجایی چند دوره‌ای	محاسبه حداکثر پوشش با فرض الگوهای تقاضا و تعداد وسایل نقلیه موجود بین دوره‌های زمانی متفاوت است	صریحاً هزینه‌های جابجایی بین دوره‌ها حساب نمی‌شد	تعداد وسایل نقلیه امداد متغیر بازمان و الگوهای تقاضای متغیر بازمان
Rajagopalan, Saydam, & Xiao, (2008)	DACL	سطح عملیاتی/ مدل پویا/ جابجایی چند دوره‌ای	محاسبه حداکثر پوشش با تعیین حداقل تعداد وسایل نقلیه موردنیاز برای تضمین پوشش هر منطقه تقاضا، با سطح اطمینان معینی و در نظر گرفتن چندین		

		دوره زمانی		
Ba sar, atay, & Unl uyurt, (2011)	MPBDCM	سطح عملیاتی/ مدل پویا/ جابجایی چند دوره‌ای	حداکثر کردن پوشش با تعیین محل و زمان ایستگاه‌های آمبولانس در یک افق برنامه‌ریزی چند دوره‌ای	
Mason, (2013)	RtMvGcRM	سطح عملیاتی/ مدل پویا/ جابجایی پویا	حداکثر کردن پوشش با بارگذاری مجدد با پوشش چندمنظوره در زمان واقعی	
Macal & Sallach, (2010)	ADP	سطح عملیاتی/ مدل پویا/ جابجایی پویا	پاسخ به تماس‌ها براساس اولویت	زمان بازدید سیستم از وضعیت و هزینه انتقال از وضعیتی به وضعیت دیگر

ج) مدل مفهومی

با توجه به مرور ادبیات نظری و پیشینه تحقیقات صورت گرفته می‌توان چارچوب تحلیلی تحقیق حاضر را طبق شکل شماره(۱) ارائه داد:



الگوریتم ژنتیک: محاسبه مناسب ترین موقعیت‌ها برای هر عامل بطوری که منجر به بهبود رفتار عامل‌ها و در نتیجه ارتقاء عملکرد سیستم می‌شود.

شکل شماره (۱): مدل مفهومی تحقیق

۳- بحث و نتایج

در مسئله مورد نظر برای بهینه‌سازی محل استقرار آمبولانس‌ها در یک جاده، نیاز به شبیه‌سازی یک جاده به‌صورت مفهومی است. این جاده در بخش‌های مختلف دارای ترافیک یا کیفیت متفاوت در راه است که بر سرعت خودروها به ویژه آمبولانس‌ها تأثیرگذار است. فضایی با گسترش X و Y در نظر گرفته شده که گسترش در راستای X آن بیشتر است. در کد نوشته‌شده گسترش در راستای Y بر حسب X قابل تنظیم است. تعدادی نقطه تصادفی در این گستره تولید می‌شود تا نشان‌دهنده نقاط حادثه‌خیز در جاده باشد. به‌عنوان مثال شکل (۲) این جاده با گسترش ۱۰۰ در راستای X و گسترش ۵۰ در راستای Y تولید شده است که امکان تغییر در آن وجود دارد. شکل شماره (۲) نمونه‌ای از یک جاده تولید شده را نشان می‌دهد که به‌صورت تصادفی توسط ۴۰ نقطه حادثه‌خیز به بخش‌های مختلف تقسیم شده است. هر بخش دارای مسافت مشخص و ضریب ترافیک معین است که سرعت خودرو و زمان موردنیاز برای طی آن را تعیین می‌کند.

الف) تولید مراکز استقرار آمبولانس:

برای تعیین محل استقرار آمبولانس‌ها ابتدا با تعیین نقاطی در راستای محور X و سپس با درون‌یابی و تعیین مقدار پارامتر Y نقطه مدنظر در روی جاده تعیین می‌شود. این نقطه طی تحولات مختلف بهینه‌سازی شده و به دلیل بهینه‌سازی، شبیه‌سازی این نقطه با نزدیک‌ترین نقطه حادثه‌خیز در نظر گرفته شده است. همچنین برای بهینه‌سازی بیشتر، جدول مربوط به زمان طی فاصله بین کلیه نقاط را به‌دست آورده و در یک آرایه ذخیره‌سازی می‌شود. برای محاسبه زمان سفر بین نقاط، تنها با مراجعه به آرایه مربوطه، مقدار موردنیاز را استخراج کرده و نیازی به محاسبه مجدد نخواهد بود.

در شکل شماره (۲) نقاط آبی‌رنگ، نقاط مربوط به محل استقرار آمبولانس‌ها و نقاط قرمزرنگ مربوط به نقاط حادثه‌خیز هستند.

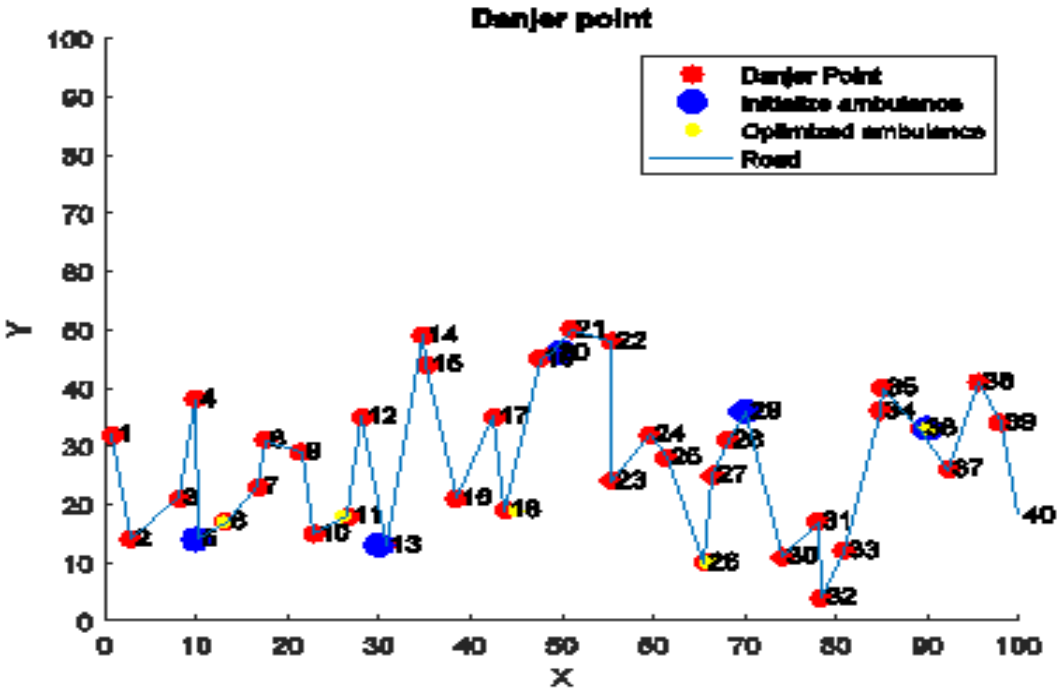
برای هر محل استقرار آمبولانس تعدادی از نقاط حادثه‌خیز به‌عنوان مناطق تحت پوشش در نظر گرفته می‌شود. این نقاط در حافظه محل ذخیره می‌شود. در مرحله اول با الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی مربوط به لیست نقاط تحت پوشش هر آمبولانس با توجه به زمان رسیدن هر آمبولانس به محل بهینه‌سازی شده است. در این برنامه عمده اطلاعات بر اساس نقاط استقرار بنا شده‌اند و نقاط استقرار به‌عنوان یک کلاس دارای پارامترهایی چون موقعیت، نقاط همسایه، تعداد نقاط مورد پایش، لیست مورد پایش، زمان رسیدن به هر نقطه از لیست مورد پایش و زمان کل پایش نقاط حوزه مورد پایش است که در مراحل بعدی عواملی برای اضافه نمودن خصوصیات عامل بنیان به آن اضافه شده است.

ب) بهینه‌سازی مکان نقاط استقرار

با توجه به یکسان نبودن ترافیک نقاط، زمان رسیدن آمبولانس به نقاط حادثه‌خیز برابر نخواهد بود. به همین جهت با تغییر نقاط استقرار، می‌توان زمان پیمایش کل نقاط حادثه‌خیز را کاهش داد. لذا نقاطی بطور تصادفی انتخاب شده و با نزدیک‌ترین محل استقرار مقایسه می‌گردد. اگر نقطه موردنظر زمان پایش را برای لیست نقاط تحت پوشش محل استقرار قدیم کاهش دهد، محل استقرار از نقطه قدیم به نقطه جدید جهش خواهد نمود. شکل شماره (۲) نمونه‌ای از ترکیب و جهش ایجاد شده در یک نمونه را نشان می‌دهد. نقاط قرمز همان نقاط حادثه‌خیز، نقاط آبی نقاط استقرار اولیه و نقاط زرد نقاط بهینه شده هستند. در این فرایند لیست نقاط پایش نیز توسط الگوریتم ژنتیک بهینه می‌شود. البته برنامه مربوطه با یک توزیع یکنواخت از آمبولانس‌ها در مراکز استقرار مورد آزمایش قرار گرفت که با توزیع مساوی نقاط، هیچ‌گونه ناهمسانی ایجاد نشده و تمام نقاط استقرار با حفظ موقعیت، با لیست مورد پایش از نظر تعداد نیز یکنواختی ایجاد شد که صحت عملکرد برنامه را مورد تأیید قرار داد. در این مسئله از

بهینه‌سازی با توجه به همسان بودن نقاط استقرار، از نظر نوع و تعداد آمبولانس، تغییرات اندک خواهد بود و تنها عامل تأثیرگذار بر مسئله، ترافیک جاده خواهد بود، به‌گونه‌ای که محل‌های استقرار در شکل اخیر به ترتیب از چپ به راست ۷، ۸، ۱۰، ۸ و ۸ نقطه را مورد پایش قرار می‌دهند.

روند بهینه‌سازی در پارامترهای موجود در کلاس محل استقرار را می‌توان با بررسی زمان کل پایش نقاط، مورد بررسی قرار داد. این زمان بیان‌کننده مجموع زمان‌های طی مسیر توسط آمبولانس‌های مستقر در محل استقرار است، مشروط به اینکه در هر محل تنها یک آمبولانس قرار داشته باشد. شکل شماره (۲) تحول زمانی ناشی از بهینه‌سازی‌های ذکر شده و کاهش مجموع زمان پایش، را نمایش می‌دهد. در این شکل، مجموع زمان‌های مربوط به ۶ اجرا با چینش یکسان نشان داده شده است. برای این منظور ابتدا ساختار اولیه تولید شده و ذخیره‌سازی می‌شود. سپس در مراحل مختلف، بازخوانی شده و مورد بهینه‌سازی قرار می‌گیرد. به همین جهت ساختار اولیه در تمام موارد مربوط به شکل شماره (۲) یکسان بوده ولی هر بهینه‌سازی در یکی از نقاط بهینه محلی یا نقاط بهینه اصلی قرار گرفته است. دلیل تفاوت در زمان‌های موارد بهینه‌سازی شده نیز، مربوط به قرار گرفتن در کمینه‌های محلی است که برای خروج از آن زمان زیادی مورد نیاز است، لیکن اثر ناشی از بهینه‌سازی اجرا شده با کاهش زمان مورد نظر قابل مشاهده است.



شکل شماره (۲): نقاط حادثه‌خیز و نقاط استقرار اولیه آمبولانس‌ها و نقاط محل استقرار جدید آمبولانس‌ها

ج) نتایج شبیه‌سازی تعداد آمبولانس‌ها

در برنامه اولیه شرایط به‌گونه‌ای در نظر گرفته شده بود که در آن برای هر محل استقرار، تنها یک آمبولانس در نظر گرفته شده بود. در این مرحله تعداد آمبولانس‌ها بیشتر از محل‌های استقرار (ویژگی عامل بنیان) در نظر گرفته شده و به صورت تصادفی توزیع می‌شوند. در ادامه برای بهینه‌سازی موردنیاز با استفاده از الگوریتم جهش تصادفی، در برنامه مذکور آمبولانس‌ها از یک محل به محل دیگر جهش می‌کنند تا در کنار ترکیب لیست مورد پایش، بهینه‌سازی لازم صورت گیرد. جدول شماره (۲) نمایانگر نتایج چهار مورد شبیه‌سازی برای یک ساختار اولیه مشابه با جهش برای تعداد آمبولانس‌ها و ترکیب لیست پایش به‌صورت توأمان است. برای تولید این جدول ابتدا یک ساختار اولیه برای ۴۰ نقطه حادثه‌خیز و ۵ ایستگاه ایجاد شد. زمان اولیه برای پیمایش ساختار بدون بهینه‌سازی برابر با ۷۸۶۰ بوده است. پس از بهینه‌سازی به روش ژنتیک و تولید لیست جدید و جهش

آمبولانس‌ها از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر نتایج به دست آمده به شکل نمودار فوق رو به کاهش گذاشت و به عددی بین ۲۷۰۰ الی ۴۰۰۰ رسید. تفاوت به وجود آمده در زمان‌های به دست آمده، ناشی از قرار گرفتن در کمینه‌های محلی بهینه‌سازی است. اما با وجود این، زمان بهینه شده به طرز محسوسی برای این نمونه کوچک مشاهده می‌شود. این مسئله به وضوح نشان می‌دهد با اضافه شدن یک امکان مثلاً تعداد آمبولانس برای یک مسئله ساده به چه شکل امکان بهینه‌سازی فراهم می‌شود و پیمایش کل مراکز حادثه‌خیز توسط آمبولانس‌های مراکز امداد به عددی بین ۱۵۰۰ الی ۲۳۰۰ کاهش پیدا کرده است. لذا حجم بهینه‌سازی با توجه به گستردگی شرایط و امکانات روز بسیار قابل‌گسترش است و استفاده از این نوع بهینه‌سازی می‌تواند به‌سرعت فعالیت‌ها و کاهش هزینه‌ها کمک شایانی نماید.

جدول شماره (۲) : نتایج چهار مورد شبیه‌سازی برای یک ساختار اولیه مشابه
با جهش برای تعداد آمبولانس‌ها و ترکیب لیست پایش به‌صورت توأمان

اجرای چهارم		اجرای سوم		اجرای دوم		اجرای اول		
تعداد آمبولانس	تعداد نقاط تحت پوشش	تعداد آمبولانس	تعداد نقاط تحت پوشش	تعداد آمبولانس	تعداد نقاط تحت پوشش	تعداد آمبولانس	تعداد نقاط تحت پوشش	شماره ایستگاه
۲	۹	۱	۶	۱	۸	۱	۹	۱
۱	۷	۱	۵	۱	۶	۱	۵	۲
۲	۱۰	۲	۱۱	۲	۱۰	۳	۱۴	۳
۱	۸	۲	۱۲	۲	۱۴	۱	۸	۴
۱	۷	۱	۶	۱	۶	۱	۸	۵
۱۷۶۴		۱۵۷۰		۲۱۰۹		۲۳۱۱		زمان بهینه

در فرآیند ترکیب در الگوریتم ژنتیک عامل بنیان، در زمان ناتوانی ایستگاه از پاسخ به تمامی تماس‌های دریافتی از نقاط حادثه‌خیز تحت پوشش خود، تعدادی از این نقاط با احتمال حادثه بالا، توسط بیش از یک ایستگاه، تحت پوشش قرار می‌گیرند. در این الگوریتم، مدل چند بار پوشش قطعی مورد استفاده قرار گرفته شده است. (در اجرای اول و دوم تعداد ۴ نقطه حادثه‌خیز و در اجرای چهارم تعداد ۱ نقطه حادثه‌خیز به‌طور مشترک تحت پوشش بیش از یک ایستگاه قرار گرفته‌اند).

د) اختصاصی نمودن آمبولانس‌ها

ابتدا خصوصیات مربوط به آمبولانس‌ها را وارد شبیه‌سازی می‌نماییم. این عوامل شامل میزان خرابی، سرعت، امکانات داخلی آمبولانس، وجود پزشک در آمبولانس، امکانات لازم برای انجام خدمات پزشکی در زمان حرکت، میزان امکانات برای طی مسافت طولانی برای بیمار و سایر موارد تخصصی دیگر است. اعمال هرکدام از این موارد کمک می‌کند تا خصوصیات عوامل مجموعه به‌عنوان پارامتری در شبیه‌سازی عامل بنیان وارد شود.

در اینجا، خصوصیات واقعی و قابل‌اعمال در شبیه‌سازی ژنتیک برای آمبولانس‌ها مانند زمان آماده‌سازی برای اعزام، سرعت و برد آمبولانس را به مشخصات آمبولانس اضافه می‌کنیم. برای این امر می‌توان به طبقه‌بندی فنی آمبولانس‌ها از نظر کیفیت خدمات درمانی و امدادی به شرح ذیل پرداخت.

آمبولانس A: این آمبولانس به‌عنوان آمبولانس پایه با تأخیر ۱۰ واحد زمان برای هر اعزام و سرعت ۱ (با واحد زمان در مسافت) تعریف می‌شود. برد این آمبولانس فقط در محدوده حوزه تحت پایش یک ایستگاه است.

آمبولانس B: این آمبولانس به‌عنوان آمبولانس سریع‌السیر تلقی شده و زمان آماده‌سازی آن ۵ و سرعت آن دو برابر سرعت آمبولانس پایه است.

آمبولانس C: این آمبولانس به‌عنوان آمبولانس دور برد است. سرعت و زمان آماده‌سازی این آمبولانس مانند آمبولانس پایه بوده ولی حوزه تحت پوشش آن، حوزه ایستگاه اصلی به همراه دو ایستگاه همسایه است.

در واقع رفتار آمبولانس C به‌عنوان پاسخ به درخواست کمک مرکز امداد مجاور (عامل همسایه) در زمانی که خود ناتوان از پاسخ به همه تماس‌های رسیده تلقی می‌شود و در فضای واقعی امری متداول می‌باشد.

ه) جهش در عامل شبیه‌سازی عامل بنیان برای آمبولانس‌ها

در شبیه‌سازی الگوریتم ژنتیک عادی، جهش به‌صورت تغییر مکان در محل ایستگاه‌ها اعمال شد. اما در شبیه‌سازی عامل بنیان، با توجه به اعمال عامل بنیان آمبولانس‌ها در الگوریتم ژنتیک، باید جهش بر روی آمبولانس‌ها نیز اعمال شود تا از خصوصیات آمبولانس‌ها در این زمینه استفاده بیشتری شود. برای این منظور به غیر از آمبولانس‌های نوع اول، سایر آمبولانس‌ها با همان ترتیب الگوریتم جهش معمولی بین ایستگاه‌های مختلف به‌صورت تصادفی جهش می‌نماید. اگر زمان کل با این جهش کاهش یابد جهش مورد قبول و اگر زمان افزایش یابد تغییری صورت نمی‌گیرد.

آمبولانس دارای کیفیت بالا با آمبولانس دارای کیفیت پایین، ضمن جهش یافتن از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر، اگر سبب کاهش زمان رسیدگی به نقاط حادثه‌خیز و کاهش زمان پایش کل نقاط شود قابل قبول بوده و تغییر آن اعمال می‌شود.

جدول شماره (۳) شبیه‌سازی با الگوریتم ژنتیک بدون استفاده از عامل بنیان برای ابعاد ۵۰۰۰ و تعداد۱۰۰۰ نقطه حادثه‌خیز و تعداد ایستگاه متفاوت را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۳) : خروجی شبیه‌سازی عامل بنیان

ردیف	ابعاد سرزمین	تعداد نقاط حادثه‌خیز	تعداد ایستگاه‌ها	زمان پایش اولیه	زمان پایش در بهینه سازی مکان آمبولانس‌ها	مدت زمان در اجرای اول الگوریتم	مدت زمان در اجرای دوم الگوریتم	مدت زمان در اجرای سوم الگوریتم
۱	۵۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰		۵۱۱۰۹۰۰	۴۵۰۵۴۰۰	۴۳۸۷۴۰۰	۴۴۲۱۵۰۰
۲	۵۰۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰		۲۷۱۲۴۰۰	۱۹۰۲۹۰۰	۱۹۳۹۶۰۰	۲۳۰۴۳۰۰
۳	۵۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰		۱۱۰۹۵۰۰	۱۰۵۷۷۰۰	۱۰۹۲۱۰۰	۱۱۰۹۵۰۰

نتایج جدول شماره (۳) نشان‌دهنده کاهش زمان کل پاسخ به تماس‌ها با افزایش تعداد ایستگاه‌ها دارد. ولی باید دقت کرد که اعداد به دست آمده گویای این مطلب است که رابطه کاهش زمان کل به پاسخ‌ها و تعداد مراکز، خطی نمی‌باشد. برای مقایسه اعمال شرایط عامل بنیان، ابتدا نوع آمبولانس‌ها را تغییر می‌دهیم و بر اساس سه نوع آمبولانس برای اضافه نمودن خصوصیت عامل بنیان، نیازمند تعریف خصوصیات واقعی برای آمبولانس‌ها هستیم. به همین جهت خصوصیاتی مانند زمان آماده‌سازی برای اعزام، سرعت و برد آمبولانس را به مشخصات آمبولانس اضافه می‌کنیم. برای این منظور سه نوع آمبولانس با خصوصیات فوق تعریف می‌شود.

اکنون برای بررسی اثر عامل بنیان، مجموعه شبیه‌سازی‌هایی با تعداد ۷۰ آمبولانس برای ۵۰ ایستگاه و ۱۰۰۰ نقطه حادثه‌خیز در فضایی به ابعاد ۵۰۰۰ را طبق جدول شماره (۴) شبیه‌سازی می‌کنیم. در این شبیه‌سازی‌ها تعداد پارامترهای ذکر شده ثابت هستند، لیکن آمبولانس‌های مورد استفاده از انواع مختلفی هستند. این انواع مختلف شامل خصوصیات متفاوت در برد، سرعت و زمان آماده‌سازی است.

جدول شماره (۴): خروجی شبیه‌سازی عامل بنیان

ردیف	ابعاد سرزمین	تعداد نقاط حادثه‌خیز	تعداد ایستگاه	تعداد آمبولانس های نوعA	تعداد آمبولانس های نوعB	تعداد آمبولانس های نوعC	زمان
۱	۵۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰	۷۰	۰	۰	۶۹۰۹۸۰۰
۲	۵۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰	۵۰	۲۰	۰	۷۱۳۳۵۰۰

۳	۵۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰	۵۰	۱۰	۱۰	۷۷۹۲۲۰۰
۴	۵۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰	۵۰	۱۰	۱۰	۷۷۷۱۲۰۰

نتایج جدول شماره (۴) برای شبیه‌سازی با ابعاد ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰ نقطه حادثه‌خیز و ۷۰ آمبولانس (شامل ۵۰ آمبولانس نوع A، ۱۰ آمبولانس نوع B و ۱۰ آمبولانس نوع C) نشانگر افزایش زمان پایش کل نقاط است. نحوه چینش آمبولانس‌ها در حالات مختلف، سبب قرارگیری در کمینه‌های محلی شده و تفاوت زمان‌های به دست آمده را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است کاهش زمان کل پاسخ به تماس‌ها با افزایش تعداد ایستگاه‌ها و افزایش تعداد آمبولانس‌ها رابطه مستقیم دارد که در شبیه‌سازی مذکور تعداد ایستگاه‌ها و تعداد آمبولانس‌ها ثابت بودند.

و) نقاط حادثه‌خیز:

از آنجایی که عوامل مؤثر در این مسئله آمبولانس و نقاط حادثه‌خیز هستند، می‌توان علاوه بر اضافه نمودن خصوصیات آمبولانس‌ها، خصوصیات نقاط حادثه‌خیز را نیز اضافه نمود. چرا که در فضای واقعی، تمام نقاط حادثه‌خیز به یک اندازه خطرناک نیستند. جدول شماره (۵) نمایی کلی از یک فرایند ترکیب را در الگوریتم ژنتیک بهینه شده بر اساس عامل بنیان نشان می‌دهد. دو ایستگاه مجاور هرکدام با تعداد مساوی نقاط حادثه‌خیز در لیست وجود دارند. یک ایستگاه دارای آمبولانس بهتر و دیگری دارای آمبولانس معمولی است. همان‌گونه که پیشتر عنوان شد حاصل‌ضرب زمان طی مسیر در احتمال وقوع حادثه در نقطه مذکور عامل مؤثر در ایجاد ترکیب و جهش است. به همین جهت آمبولانس سریع‌تر، زمانی که به سراغ نقاط با احتمال بیشتر حادثه می‌رود، نسبت به الگوریتم ژنتیک عادی، زمان مؤثر را بیشتر کاهش می‌دهد. لذا نقاط با احتمال بیشتر به لیست ایستگاه همسایه با آمبولانس بهتر ملحق خواهند شد. این تحول برای نقاط حادثه‌خیز با احتمال کمتر، به دلیل تأثیر کم در کاهش زمان مؤثر، کمتر اتفاق می‌افتد. در جدول شماره (۵) نقاط با احتمال بالای رخداد حادثه با بیماران مسن و احتمال کمتر با بیماران جوان نشان داده شده‌اند.

جدول شماره (۵): اجرای الگوریتم ژنتیک بر اساس عامل بنیان نقاط حادثه‌خیز

۱	شماره نقطه حادثه‌خیز		۱	۲	۳	۴	۵	۶
	میزان احتمال وقوع حادثه							
۲	شماره نقطه حادثه‌خیز		۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
	میزان احتمال وقوع حادثه							

۱	شماره نقطه حادثه خیز		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۹	۱۰	۱۱
	میزان احتمال وقوع حادثه										
۲	شماره نقطه حادثه خیز		۷	۸	۱۲						
	میزان احتمال وقوع حادثه										

همان‌گونه که مشاهده می‌شود یک بخش از لیست نقاط حادثه‌خیز با احتمال بالا با آمبولانس ناکارآمد، به لیست ایستگاه مجاور با آمبولانس کارآمد منتقل شده است.

تحقیق حاضر در دو محور ضرورت طرح مباحث مکان‌یابی اورژانس بین جاده‌ای و همچنین مدل‌ها و روش‌های مکان‌یابی این نوع تسهیلات، قابل طرح گردید.

در جهت دستیابی به روش مطمئنی به منظور کاهش تصادفات جاده‌ای و آثار ناشی از آن، نیازمند تلاش و عزم ملی و ایجاد هماهنگی بین دستگاه‌های ذی‌ربط در قالب طرحی مانند برنامه مدیریت حوادث جاده‌ای هستیم (Tahan, 2015).

با توجه به اینکه در استان آذربایجان شرقی، مسئله مکان‌یابی ایستگاه‌های اورژانس، به‌صورت پویا بررسی نشده و با تغییر در میزان تقاضا، جابه‌جایی در بین ایستگاه‌ها (در صورت نیاز) صورت نخواهد گرفت که بعضاً موجب افزایش هزینه‌های عملیاتی و زمان پاسخگویی به تقاضاها خواهد شد. از سویی دیگر عوامل مختلف مؤثر در امر مکان‌یابی مراکز اورژانس بین جاده‌ای دارای تکثر و ماهیت پویا بوده و در یک محیط دینامیک ممکن است رفتارهای مختلفی را از خود ارائه نماید، به همین دلیل یک مدل بهینه مکان‌یابی تسهیلات اورژانسی، بایستی به پیچیدگی شرایط و کنش متقابل عوامل مختلف دخیل در امر مکان‌یابی مراکز اورژانس، توجه ویژه‌ای داشته باشد.

در این پژوهش از مدلی بر پایه تئوری پیچیدگی بهره گرفته می‌شود. تئوری پیچیدگی، علم بررسی قواعدی است که در تمام سیستم‌های روایی وجود دارد و به نوعی اعتقاد دارد که رفتارهای پیچیده در سیستم‌ها از قواعد بسیار ساده اجزاء که دارای ارتباط بوده و به صورت جمعی عمل می‌کنند، ظاهر می‌شود(Cassco, 2001). عامل بنیان به عنوان یکی از مفاهیم تئوری پیچیدگی، روشی برای مدل‌سازی است. در این کاربرد، عامل‌ها افراد موجود در یک جامعه با ویژگی‌های موردنظر را مدل‌سازی می‌کنند، سپس فاکتورهایی وارد سیستم شده و تأثیر آن‌ها در رفتارهای عامل‌ها یا رفتار سطح کلان جامعه بررسی می‌شود (Bafandeh Zendeh et al., 2016).

چینش بهینه وسایل نقلیه با توجه به خصوصیات و رفتارهای آنها (به‌عنوان عامل‌ها) و نیز شرایط پیرامونی(محیط عامل‌ها)یک مسئله بهینه‌سازی را ظاهر می‌کند. با توجه به پیچیدگی بالای مدل، استفاده از روش‌های حل کلاسیک از قبیل برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی و ... برای حل این مسئله با دو مشکل عمده «هزینه محاسباتی بالا» و «گیر افتادن الگوریتم حل‌کننده در

اکسترمم‌های محلی» مواجه می‌شود. لذا برای فائق آمدن بر این دو مشکل از الگوریتم‌های فراابتکاری که یک روش حل تقریبی محسوب می‌شود، استفاده می‌شود. در واقع الگوریتم‌های فراابتکاری، یکی از انواع الگوریتم‌های بهینه‌سازی تقریبی هستند که دارای راهکارهای برون‌رفت از نقاط بهینه محلی هستند و قابلیت کاربرد در طیف گسترده‌ای از مسائل را دارند. (Merrikh Bayat, 2014)

در این پژوهش، مدل‌سازی از طریق عامل بنیان با تکیه بر تئوری پیچیدگی، کنش متقابل عوامل مؤثر در مکان‌یابی و افتراق ماهوی و عملکردی و رفتاری عوامل مختلف دخیل در امر مکان‌یابی آمبولانس‌های بین جاده‌ای پیشنهاد گردید که انطباق بیشتری با شرایط واقعی دارد. این در حالی است که در پژوهش‌های پیشین مربوط به مکان‌یابی بهینه آمبولانس‌ها و مراکز اورژانس بین جاده‌ای، شرایط عملکردی، ماهوی و رفتاری عوامل یکسان فرض شده‌اند.

در پژوهش (Batta, Dolan, & Krishnamurty, 1989) جابجایی سفر در بازه‌های متفاوت، ثابت فرض شده بود و در پژوهش (Church & ReVelle, 1974) عدم تضمین پوشش کافی و در پژوهش (ReVelle & Hogan, 1988) ضریب ترافیک کاری برای همه آمبولانس‌ها یکسان و در پژوهش (Hogan & ReVelle,1986) شعاع حرکت آمبولانس‌ها مقدار ثابت بوده است.

همچنین در یافتن نقاط بهینه، استفاده از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک از نوآوری خوبی برخوردار بوده است. با توجه به اینکه در شرایط مدل‌سازی و شبیه‌سازی عامل بنیان، ابعاد مسئله و پیچیدگی‌های آن به‌طور تصاعدی افزایش یافته و مستلزم صرف هزینه‌های زمانی بوده لذا کاربست روش‌های حل مسئله کلاسیک با توجه به پیچیدگی‌های مذکور و امکان افتادن در بهینه‌های محلی، روش مناسبی نخواهد بود، لذا جنبه دیگر نوآوری پژوهش حاضر از این حیث نیز قابل تبیین است.

با توجه به یکسان نبودن ترافیک نقاط، زمان رسیدن آمبولانس به نقاط حادثه‌خیز در محدوده مکان استقرار آمبولانس‌ها برابر نخواهد بود، لذا با تغییر نقاط استقرار، بنا بر شرایط با جلو یا عقب رفتن و جهش آمبولانس از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر و ترکیب لیست مورد پایش و تولید لیست جدید از نتایج حاصله می‌توان به کاهش قابل توجه مجموع زمان‌های طی مسیر توسط آمبولانس‌های مستقر در محل استقرار اشاره کرد. نتایج بهینگی نشان دادند که با اضافه شدن یک امکان مثلاً تعداد آمبولانس، پیمایش کل مراکز حادثه‌خیز توسط آمبولانس‌های مراکز امداد کاهش پیدا کرده است. لذا حجم بهینه‌سازی با توجه به گستردگی شرایط و امکانات روز بسیار قابل گسترش است و استفاده از این نوع بهینه‌سازی می‌تواند به‌سرعت فعالیت‌ها و کاهش هزینه‌ها کمک شایانی نماید. همچنین، نتایج حاصل، نشان‌دهنده کاهش زمان کل پاسخ به تماس‌ها با افزایش تعداد ایستگاه‌ها می‌باشد.

همچنین بررسی زمان کل پایش و زمان نرمال شده پایش در اضافه کردن عامل بنیان نقاط حادثه‌خیز نشان داده است که مجموعه به‌جای یکسان دیدن تمام نقاط، تمرکز خود را بر نقاط با احتمال بیشتر حادثه متمرکز نموده است. علاوه بر این، نتایج نشان دادند که رسیدن به نقاط حادثه‌خیز با احتمال بالای وقوع حادثه در اولویت است و گویی سیستم به این نقاط توجه بیشتری دارد. همان‌طور که مشخص است، نتایج حاصله به مدیران در کاهش هزینه و بهبود عملکرد کمک قابل توجهی خواهد کرد.

با توجه به افزایش تصاعدی ابعاد مسئله و پیچیدگی‌های آن و غیرکارا بودن روش‌های کلاسیک حل مسئله و کارایی الگوریتم‌های متاهیورستیک در حل مسائل پیچیده، پژوهش حاضر به توسعه الگوریتم متاهیورستیک ژنتیک جهت حل مسئله مورد بررسی پرداخته است.

به منظور گسترش و توسعه پژوهش ارائه شده، تعدادی از زمینه‌های پژوهشی جهت مطالعات آتی در زیر لیست شده است:

- بررسی مسئله با در نظر گرفتن شرایط محیطی متأثر از رخدادهای روز، هفته یا ماه مانند تعطیلات عید نوروز و ایام محرم
- استفاده از سایر الگوریتم‌های متاهیورستیک در بخش بهینه‌سازی مانند الگوریتم مورچگان، الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی
- مدل‌سازی ریاضی مسئله و استفاده از روش‌های حل دقیق مانند الگوریتم شاخه و کران، الگوریتم برنامه‌ریزی پویا، الگوریتم‌های تجزیه
- توسعه مدل با در نظر گرفتن آمبولانس‌های هوایی(هلی کوپتر)
- در نظر گرفتن ترتیب توالی سرویس‌دهی آمبولانس‌ها در شرایطی که درخواست‌ها بیشتر از ظرفیت موجود است و با اختصاصی نمودن خصوصیات آمبولانس‌ها و نقاط حادثه‌خیز می‌توان زمان پیمایش کل نقاط حادثه‌خیز را کاهش داد.

٤- منابع

1. Aringhieri, R., Bruni, M. E., Khodaparasti, S., & van Essen, J. T. (2017). Emergency medical services and beyond: Addressing new challenges through a wide literature review. *Computers & Operations Research*, 48 (1): 22-23.
2. Bafandeh Zendeh, A., & Danaye Nemat Abad, N. (2016). A Factor-based model for analyzing consumer preference for goods. Intrnational Conference on Industrial Engineering and Management, Tehran, *Permanent Secretariat of the Conference*, 2 (1): 38-47.
3. Basar, A., Catay, B., &¨Unl¨uyurt, T. (2011). A multi-period double coverage approach for locating the emergency medical service stations in Istanbul. *Journal of the Operational Research Society*, 62 (12): 627–637.
4. Batta, R., Dolan, J. M., & Krishnamurty, N. N. (1998). The maximal expected covering location problem: Revisited. *Transportation Science*, 23 (3): 277–287.
5. Beraldi, P., Bruni, M. E., & Conforti, D. (2004). Designing robust emergency medical service via stochastic programming. *European Journal of Operational Research*, 158 (2): 183–193.
6. Beraldi, P. , & Bruni, M. E. (2009). A probabilistic model applied to emergency service vehicle location. *European Journal of Operational Research*, 196 (2): 323–331.
7. Cassco, B. (2001). *Fuzzy thinking*، Mashhad Khajeh Nasir al-Din Tusi University, Press Second Edition, 17 (58), 310-317.
8. Chanta, S., Mayorga, M. E., Kurz, M. E., & McLay, L. A. (2011). The minimum p-envy locationproblem: a new model for equitable distribution of emergency resources. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 1 (3): 101–115.
9. Church, R. L., & ReVelle, C. S. (1974). The maximal covering location problem. *Papers of Regional Science Association*, 32 (2): 101–118.
10. Daskin, M. S., & Stern, E. H. (1981). A hierarchical objective set covering model for emergency medical service vehicle deployment.*Transportation Science* 15 (4): 137–152.
11. Gendreau, M., Laporte, G., & Semet, F. (1997). Solving an ambulance location model by tabu search. *Location Science* 5 (1): 75–88.
12. Goldberg. J., Dietrich. R., Chen, J. M., Mitwasi, M. G., Valenzuela, T. , & Criss, E. (1990). Validating and applying a model for locating emergency medical services in Tucson, AZ. *European Journal of Operational Research*, 49 (2): 308–324.
13. Hogan, K., & ReVelle, C. S. (1986). Concepts and application of backup coverage. *Management Science*, 34 (3): 1434–1444.
14. Litkoohi, S., Jahan Bakhsh, H., & CHarkh CHian, M. (2014). *Booklet of Location theories, Payame Noor University Press*, 12 (71): 101-110.
15. Macal, C., & D. Sallach, M. (2010). *North, eds., Chicago, IL, Oct. 7-9, available at*, (pp. 185-204).
16. Merrikh Bayat, F. (2014). *Metaheuristic Optimization algorithms (with application in electrical engineering).* Jihad Daneshgahi Publications, 67 (2): 91-98.
17. McLay, L. A., & Mayorga, M. E. (2013b*).* A dispatching model for server-to-customer systems that balances efficiency and equity. *Manufacturing & Service Operations Management*, 15 (2): 205–220.
18. McLay, L. A., & Mayorga, M. E. (2013c). *A model for optimally dispatching ambulances to emergency calls with classification errors in patient priorities.* IIE Transactions, 45 (2): 1–24.

19. Marianov, V., & ReVelle, C. S. (1994). The queuing probabilistic location set covering problem and some extensions. *Socio-Economic Planning Sciences*, 28 (1): 167–178.
20. Marianov, V., & ReVelle, C. S. (1995). Siting emergency services. In: Drezner, Z. (Ed.), Facility Location. *A survey of Applications and Methods. Springer, New York, N. Y.*, (pp. 119–223).
21. Marianov, V., & ReVelle, C. S. (1996). The queuing maximal availability location problem: A model for the siting of emergency vehicles. *European Journal of Operational Research*, 93 (3): 110–120.
22. Mason, A. J. (2013). Simulation and real-time optimised relocation for improving ambulance operations. In: Denton, B. (Ed.), *Handbook of Healthcare Operations: Methods and Applications*. Springer, New York, N. Y., (pp. 289–317).
23. Nickel, S., Reuter-Oppermann, M., & da Gama, F. S. (2016). Ambulance location under stochastic demand: A sampling approach. *Operations Research for Health Care*, 8 (2): 24–32.
24. Rajagopalan, H. K., Saydam, C., & Xiao, J. (2008). A multiperiod set covering location model for dynamic redeployment of ambulances. *Computers & Operations Research*, 35 (4): 814–826.
25. Repede, J. F., & Bernardo, J. J. (1994). Developping and validating a decision support system for location emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky. *European Journal of Operational Research*, 75 (2): 567–581.
26. Reuter-Oppermann, M., van den Berg, P. L., & Vile, J. L. (2017). Logistics for emergency medical, *Journal Health Systems*, Volume 6, Issue 3, 187-208.
27. ReVelle, C. S., & Hogan, K. (1988). A reliability constrained siting model with local estimates of busy fractions. *Environment and Planning B*, 15 (2): 143–152.
28. ReVelle, C. S., & Hogan, K. (1989). The *maximum availability location problem*. Transportation Science 23, 192–200.
29. Su, Q., Luo, Q., & Huang, H. (2015). Cost-effective analyses for emergency medical services deployment: A case study in shanghai. *International Journal of Production Economics*, 163 (12): 112–123.
30. Tahan, M. (2015). Emergency center Location model on city roads, *Mashhad Ferdowsi University*, 17 (54): 112-119.
31. Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C. S., & Bergman, L. (1971). The location of emergency service facilities. *Operations Research*, 19 (12): 1363–1373.
32. Zhang, Z. H., & Li, K. (2015). A novel probabilistic formulation for locating and sizing emergency medical service stations. *Annals of Operations Research*, 229 (6): 813–835

Optimal Location of Ambulances in the Road Network of East Azarbaijan Province With a Combined Approach of Factor-Based Simulation and Genetic Algorithm

Bijan Elmi
PhD student, Industrial Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
Naghi Shoja (Corresponding author)
Associate Professor. Mathematical, Islamic Azad University, Firooz Kooh Branch, Firooz Kooh, Iran
Email:nashoja@yahoo.Com
Abbas Toloie Ashlaghi
Professor, Industrial Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
Soleiman Iranzadeh
Professor, Industrial Management, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

Abstract
The amount and type of resource allocation and adoption of necessary strategies to effectively provide emergency measures given the vital role of these centers in the health system, and the ability of these centers to respond effectively to emergency calls is an important element in ensuring and restoring patients' health. finding the best location for emergencies with respect to the interaction between factors, environmental constraints and different behavioral characteristics of different factors in the problem, is considered. In terms of practical and descriptive purpose, this research is an explanatory modeling approach that uses expert opinion polls in presenting the model and combines objective and subjective data in the implementation of the model, which is based on the application of metaheuristic algorithm. Factor and environmental variables are modeled through a combined approach of factor-based simulation and metahiorestatic algorithm. The initial time to navigate an initial structure for 40 accident hotspots and 5 stations was 7860. After genetic optimization and the production of a new list, as well as the jump of ambulances from one station to another, the results reached between 2700 and 4000. Using this type of optimization can help speed up activities and reduce costs. Due to the uneven traffic of the points, the time of arrival of the ambulance to the accident hotspots will not be equal. Therefore, by changing the deployment points, according to the conditions by moving forward or backward and specifying the characteristics of ambulances and accident hotspots and combining the list of points, the travel time of all accident hotspots can be reduced.

Keywords: deployment, factor-based modeling, location, road network.