تعیین محل بهینه مراکز خدمات درمانی در زمان امدادرسانی با به کارگیری مسأله تخصیص مکانی HUB و حل توسط الگوریتم ژنتیک

محمود صفارزاده، استاد گروه راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس
اشکان الهیاری نیک*، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی راه و ترابری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه علوم و تحقیقات
احسان جهانمرد، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی راه و ترابری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه علوم و تحقیقات
*a.allahyari@Srbiau.ac.ir

تاریخ ارسال مقاله: فروردین ۹۳ تاریخ پذیرش: تیر ۹۳

چکیده

مراکز خدمات درمانی جزء با اهمیت‌ترین مراکز خدماتی در مناطق شهری به منظور یاری رساندن هر چه سریع‌تر به مصدومین حوادث هستند. در مناطق شهری نیاز به در نظرگیری محل‌های مناسب به منظور کاهش فاصله و در نتیجه زمان و هزینه رساندن مصدومین تا مرکز مربوطه احساس می‌گردد. در این مقاله با به کارگیری مسأله تخصیص مکانی HUB و حل آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک سعی در تعیین محل بهینه مراکز خدمات درمانی در مناطق شهری شده است. به منظور اثربخشی این تحقیق، منطقه ۸ شهرداری تهران به عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شد. در ابتدا پایگاه داده‌ای شامل مراکز خدمات درمانی موجود به همراه محل دقیق آن‌ها در منطقه مورد بررسی جمع‌آوری شد و سپس با وارد کردن این پایگاه داده در نرم‌افزار Arc Map ، محل دقیق این مراکز استخراج گردید. سپس با کدنویسی مسأله تخصیص HUB و الگوریتم ژنتیک برای آن در نرم‌افزار MATLAB به حل مسأله مذکور پرداخته شد. نتایج این تحقیق شامل تعیین محل بهینه مراکز خدمات درمانی با ماهیت کمترین فاصله مصدومین تا آن‌هاست تا با در نظرگیری تعداد معینی از این مراکز بتوان کمترین فاصله و هزینه را برای این افراد در نظر گرفت.

کلید واژه: مراکز خدمات درمانی، محل بهینه، امدادرسانی، مسأله تخصیص مکانی HUB، الگوریتم ژنتیک

۱- مقدمه

بخش خدمات درمانی در میان انواع مختلف خدمات دارای جایگاه ویژه‌ای است؛ چرا که اولاً این بخش با قشر وسیعی از جامعه ارتباط دارد و ثانیاً وظیفه و رسالت خطیر حفظ سلامت و مراقبت از حیات جامعه بر عهده این بخش است. از طرفی به لحاظ خطیر بودن وظیفه بخش خدمات درمانی حتی اشتباهات کوچک، خسارات بزرگ و جبران‌ناپذیری را به دنبال دارد [۱].

در حمل و نقل شهری، تصادفات جزو مسائلی هستند که همواره وجود دارند و برای مدیریت آن‌ها باید تدابیری را اندیشید. متأسفانه در برخی جوامع به دلیل نداشتن برنامه‌ریزی مناسب جهت مواجهه با حوادث و مصدومین آن، مشکلات بسیاری برای آن‌ها ایجاد شده و توانایی مدیریت حوادث و مصدومین آن را نخواهند داشت[۲].

یکی از موارد بسیار مهم در زمینه تسریع خدمت‌رسانی به مصدومین حوادث، به کارگیری روش‌هایی به منظور کاهش زمان و فاصله رساندن مصدومین به مراکز خدمات درمانی است. در این تحقیق با به کارگیری مسأله تخصیص HUB به عنوان یکی از مسائلی که می‌تواند مسأله تسریع در رساندن مصدومین حوادث به نزدیک‌ترین مرکز خدمات درمانی را مدل کند، سعی در حصول اهداف این تحقیق شده است. برای حل مسأله فوق، الگوریتم ژنتیک به عنوان یکی از قوی‌ترین الگوریتم‌های فرا ابتکاری در نظر گرفته شد تا به انتخاب محل بهینه مراکز خدمات درمانی کمک نماید.

انتخاب این الگوریتم به دلیل پیچیدگی محاسباتی مسأله نیز خواهد بود و چون مسأله حاضر در دسته NP-hard قرار می‌گیرد و به دلیل پیچیدگی محاسباتی و در نتیجه زمان محاسباتی بالا با استفاده از الگوریتم‌های دقیق و ابتکاری، نیاز به به کارگیری الگوریتم‌های فرا ابتکاری است. بر این اساس الگوریتم ژنتیک که توانایی حصول جواب‌های نزدیک به بهینه در زمان محاسباتی پایین را دارد برای حل این مسأله به کار گرفته شد [۳].

الگوریتم ژنتیک برای بسیاری از مسائل تحقیقاتی مورد پذیرش قرار گرفته است. از جمله این مسائل، مسأله تخصیص HUB بوده که توسط عده‌ای از محققین برای مدل کردن مسأله خود در قالب این مسأله از آن استفاده نموده‌اند [۴].

۲- بیان مسأله و اهداف تحقیق

از آن جایی که حوادث رانندگی دومین علت مرگ و میر و خسارات جانی به انسان‌ها در کشورهای در حال توسعه است، یکی از روش‌های کاهش تلفات حوادث تسریع در رساندن مصدومین به نزدیک‌ترین مرکز خدمات درمانی است. در این راستا، تحقیق حاضر اهدافی زیر را دنبال می‌کند:

- تعیین محل بهینه مراکز خدمات درمانی با ماهیت کمترین فاصله مصدومین تا آن‌ها و کمترین هزینه ایجاد شده.
- در نظرگیری تعداد معینی از مراکز خدمات درمانی تا بتواند کمترین فاصله را برای این افراد در نظر گیرند.

۳- پیشینه تحقیق

در رابطه با تحقیق حاضر مطالعات گوناگونی موجودند که می‌توان به آن‌ها اشاره نمود. حقانی و اوه[1] در سال ۱۹۹۶ به بررسی امدادرسانی در شرایط بحران برای شبکه‌های گوناگون پرداخته و فرض ایشان این بود که کالا از یک گره به گره مجاور با کمترین زمان ارسال می‌گردد و ظرفیت سیستم انتقال به صورت تابعی از زمان تعریف گردید[۵]. باربارسولو و همکاران[2] در سال ۲۰۰۲ به مسیریابی امدادرسانی با هلیکوپتر پرداختند و هزینه تخصیص هلیکوپتر، هزینه خلبان را در نظر گرفتند. در سال ۲۰۰۷ آقاس شیو[3] به مسائل مسیریابی در شرایط بحران پرداخته و مدلی برای یک شبکه منطقی شامل مراکز خدمات درمانی و نقاط نیازمند امداد ارائه داد. در سال ۲۰۰۷ آقای تی زنگ و همکاران[4] به بررسی مدلی چند منظوره با در نظرگیری حداقل نمودن هزینه و زمان سفر و حداکثر نمودن رضایت از سیستم پرداختند [۶] . آقای کمپبل[5] در سال ۲۰۰۸ مدلی را با در نظرگیری حداقل زمان رساندن فرد مصدوم به مرکز خدمات درمانی پیاده‌سازی نمود [۷]. آقای چرن و همکاران[6] در سال ۲۰۰۹ به بررسی شبکه‌ای دارای ۴ مرکز خدمات امدادی، هشت نقطه نیازمند امداد پرداختند [۸]. در مطالعات انجام شده برای مسیریابی توسط مسأله HUB نیز مطالعاتی انجام شده است. به عنوان نمونه آقای تورگاس و همکاران[7] مدلی برای امداد رسانی در شرایط اضطراری با استفاده از مسأله HUB را توسعه دادند که شامل زمان سفر، فاصله از مبدأ تا مقصد و هزینه ایجاد شده برای کاربر به منظور رسیدن تا مقصد بود [۹]. در سال ۲۰۰۴ آقای لین و همکاران[1] به بررسی حمل و نقل کالاها به مقصد مورد نظر با استفاده از مسأله HUB پرداختند [۱۰] . در سال ۲۰۱۳ آقای ینگ و همکاران[2] با به کارگیری مسأله HUB در محیط فازی به بررسی خدمات به افراد حادثه دیده در شرایط اضطراری پرداختند[۱۱] در مطالعه‌ای دیگر آقای ده کامارگو و همکاران[3] در سال ۲۰۱۳ برای مسیریابی حمل کالاها از مسأله HUB استفاده نمودند و برای حل آن از یک الگوریتم دقیق استفاده نمودند[۱۲].

۴- متدولوژی تحقیق

در این تحقیق ابتدا مسأله تخصیص HUB تعریف شده و سپس حل مسأله حاضر منجر به تعیین محل بهینه مراکز خدمات درمانی در مناطق شهری خواهد گردید. برای نشان دادن این امر از مراکز خدمات درمانی موجود در منطقه ۸ شهرداری تهران به عنوان مطالعه موردی استفاده گردید. پایگاه داده‌ای شامل مراکز خدمات درمانی موجود به همراه محل دقیق آن‌ها در منطقه مورد بررسی از شهرداری این منطقه جمع‌آوری شد و سپس با وارد کردن این پایگاه داده در نرم‌افزار Arc Map ، محل دقیق این مراکز مطابق شکل ۱ استخراج گردید. سپس با کد نویسی این مسأله و الگوریتم ژنتیک در فضای نرم‌افزار MATLAB به حل مسأله مذکور مبادرت به عمل خواهد آمد.

به کارگیری الگوریتم ژنتیک به منظور حل مسأله تخصیص HUB برای مدل‌سازی به حداقل رساندن زمان و هزینه برای رساندن مصدومین ناشی از حوادث ترافیکی به مراکز خدمات درمانی منجر به تعیین محل بهینه این مراکز برای شبکه مورد مطالعه گردید. در این شبکه، تعداد ۲۷ مرکز خدمات درمانی موجود است و ۱۰۰ نقطه حادثه‌خیز این شبکه که نیازمند به رساندن افراد مصدومین آن به مراکز خدمات درمانی وجود دارد، در نظر گرفته شده است. میزان تقاضا بین ۱ تا ۲۰ در نظر گرفته شده که نشان دهنده تعداد مصدومین نیازمند رساندن به مراکز خدمات درمانی به منظور برنامه‌ریزی یک ساله است.

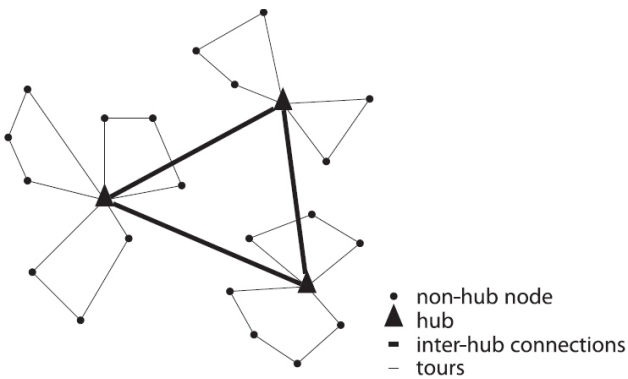
1. Haghani and Oh
2. Barbarosolu et.al
3. Sheu
4. Tzeng et.al
5. Campbell
6. Chern et.al
7. Toregas et.al

1. Lin et.al
2. Yang et.al
3. De camargo et. al

شکل ۱- شبکه منطقه ۸ شهرداری تهران به همراه مراکز خدمات درمانی آن در نرم‌افزار Arc Map

۵- مسأله تخصیص مکانی HUB

تخصیص مکانی HUB ناحیه‌ای است که افزایش توجه به مکانی گسسته به دلیل اثرات کاربردی اقتصادی گوناگون و همچنین تئوری‌های مختلفی برای این قبیل مسائل به طور روابط ریاضی فرمول نویسی شده است. مسائل تخصیص HUB برای سیستم‌های حمل و نقل برای چندین محل درگیر ارسال و دریافت و برای برخی از محصولات یا خدمات تعریف می‌شوند و به طور معمول از نقاط انتقال[1] استفاده می‌نمایند که خدمات یا محصول جمع‌آوری شده و برای کاهش هزینه‌های حمل و نقل توزیع می‌گردد[۳]. معمولاً اکثر مدل‌های تخصیص HUB فرض می‌کنند که نقاط انتقال کاملاً به هم مرتبط بوده و به این معنی است که یک رابطه مستقیم بین هر جفت از نقاط انتقال وجود دارد که می‌تواند با به کارگیری فاکتور تعدیلی مربوطه استفاده گردد. به هرحال به طور گسترده مورد قبول است که کاربردهای بسیاری در یک شبکه بزرگ مانند یک شبکه معابر شهری داشته باشند [۱۴،۱۳]. مدل‌های گوناگونی برای مسأله HUB معرفی شده‌اند که برای مطالعه می توان به منابع مربوطه رجوع نمود و در این جا نمونه‌ای کلی از نقاط انتقال در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: نمونه‌ای از نقاط انتقال (HUB) در یک شبکه[۱۲]

۶- مدل‌سازی مسئله

برای مدل‌سازی مسأله تعیین محل بهینه مراکز خدمات درمانی در زمان امدادرسانی در قالب مسأله تخصیص HUB به صورت زیر تابع هدف و محدودیت‌های آن را به همراه روابط تعیین محل بهینه این مراکز را معرفی می‌نماییم (روابط ۱ تا ۳).

$$min\ z = \sum_{i=1}^{n} d_i \times D_i^{min} + \sum_j f_j c_j \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

$$D_i^{min} = min\{D_{ij} | f_i = 1\} = min_j \frac{D_{ij}}{f_j} \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

$$f_j \in \{0,1\} \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

در روابط فوق، d_i نیاز به امدادرسانی برای فرد مصدوم در نقطه i ، D_i^{min} کمترین فاصله مصدوم تا نزدیک‌ترین مرکز

1. Transshipment Points (Hub)s

خدمات درمانی، f_j متغیر تصمیم در مورد فعالیت مرکز خدمات درمانی که اگر برابر ۰ باشد یعنی مرکز خدمات درمانی j غیر فعال بوده و اگر برابر ۱ باشد، مرکز خدمات درمانی j فعال است. cj هزینه فعال‌سازی برای مرکز خدمات درمانی j بوده و D_{ij} فاصله مصدوم i تا مرکز خدمات درمانی j است.

۷- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم‌های ژنتیک در زمره روش‌های جستجوی تصادفی قرار دارند که در عین تصادفی بودن دارای یک ساختار هدف‌گرا هستند. به همین دلیل در گروه الگوریتم‌های تکامل یافته روش‌های تصادفی قرار می‌گیرند. این الگوریتم، نوع خاصی از الگوریتم‌های تکاملی است که بر گرفته از تکامل طبیعی و نقش ژنتیک در طبیعت است و بر مبنای نظریه تکامل داروین درباره حیات بهترین اعضاء استوار است. این الگوریتم برای اولین بار در سال ۱۹۷۵ توسط جان هالند[1] مطرح شد[۱۵]. گام‌های الگوریتم ژنتیک پیشنهادی این تحقیق به شرح زیر هستند.

۷-۱-کد نویسی مسأله

به منظور کدنویسی کروموزوم‌ها برای رسیدن به جواب بهینه از کدنویسی دودویی[2] استفاده شده و به عنوان چیدمان HUB در نظر گرفته شده و متناظر با آن چیدمان تخصیص[3] تعیین می‌گردد که می‌تواند مقادیر تابع هدف را برای مراکز خدمات درمانی تعیین نماید. در الگوریتم ژنتیک دودویی برای اعمال عمل‌گرهای ژنتیکی (تقاطع و جهش) مقادیر متغیرهای هر عضو جمعیت به مبنای ۲ تبدیل شده و در نتیجه نمایش هر فرد به صورت یک رشته دودویی شامل ۰ یا ۱ خواهد بود. این عمل برای اعمال ساده‌تر عملگر تقاطع و جهش صورت می‌گیرد. به خصوص در مواردی که مقادیر متغیرها گسسته باشد مانند مسأله طرح شده در این مقاله که متغیرها (تعداد ژنها) مقادیری گسسته دارند.

۷-۲- ارزیابی جواب‌های هر نسل

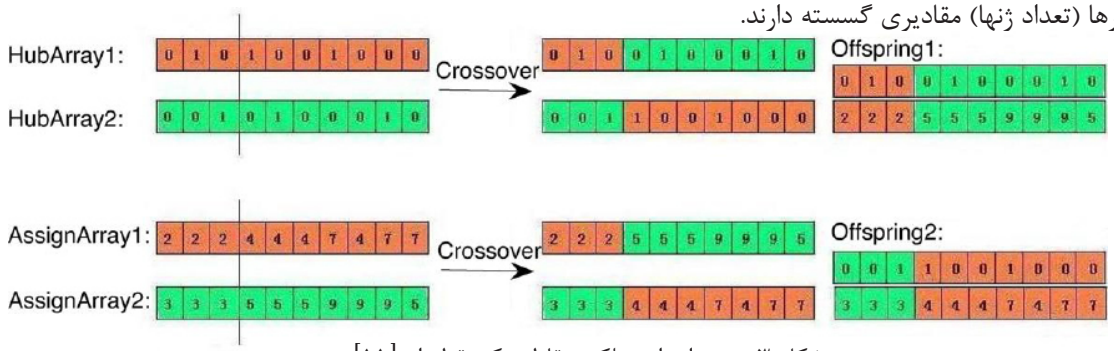
به منظور تعیین بهترین جواب‌ها در هر نسل، جمعیت اولیه‌ای از کروموزوم‌های چیدمان HUB[1] و متناظر با آن چیدمان تخصیص را تولید کرده و سپس مقدار هر یک را به عنوان مقدار برازندگی[2] تعیین و بهترین آن‌ها با کمترین مقدار تابع هدف به عنوان جواب آن نسل انتخاب می‌گردد.

۷-۳- عملگر انتخاب[3]

در الگوریتم ژنتیک ارائه شده، برای انتخاب والدین از جمعیت به منظور انجام عمل تقاطع بر روی آن‌ها از روش انتخاب چرخ رولت[4] استفاده شده و برای انتخاب کروموزوم‌ها به منظور انجام عمل جهش بر روی آن‌ها از روش تصادفی[5] استفاده گردید. بعد از انجام عمل تقاطع و جهش، جمعیت اصلی، جمعیت فرزندان و جمعیت جهش یافتگان با یکدیگر ادغام می‌شوند. سپس بر اساس میزان برازندگی، ارزیابی و مرتب‌سازی می‌شوند. به تعداد جمعیت اولیه از بهترین‌ها انتخاب شده و جواب‌های اضافی حذف می‌شوند.

۷-۴- عملگر تقاطع[6]

از رایج‌ترین روش‌های تقاطع می‌توان به تقاطع تک نقطه‌ای[7]، دو نقطه‌ای[8] و یکنواخت[9] اشاره کرد که از هر سه روش، در الگوریتم ژنتیک ارائه شده، استفاده شده است. بدین صورت که پس از انتخاب دو کروموزوم به عنوان والد، با احتمال‌های از پیش معین شده یکی از سه روش فوق انتخاب شده و عمل‌گر تقاطع به وسیله آن روش بر روی والدین انجام می‌شود. نمونه‌ای از عملیات بر روی کروموزوم ها توسط تقاطع تک نقطه‌ای برای دو نوع کروموزوم چیدمان HUB و چیدمان تخصیص به صورت شکل ۳ نمایش داده شده‌اند.



شکل ۳: نمونه ای از عملکرد تقاطع تک نقطه ای[۱۱]

1. Holland
2. Binary Coding
3. Assign Array

1. HUB Array
2. Fitness Value
3. Selection Operator
4. Roulette Wheel Selection
5. Random Selection
6. Crossover Operator
7. Single Point Crossover
8. Double Point Crossover
9. Uniform Crossover

۷-۵- عملگر جهش[1]

در الگوریتم ژنتیک ارائه شده از عملگر جهش تک نقطه‌ای استفاده می‌شود که پس از انتخاب یک کروموزوم از جمعیت با احتمال مشخص که تمامی ژن‌های آن اعداد در بازه "۱و۰" هستند را به صورت تصادفی تولید شده سپس با ارزیابی تابع هدف براساس کمترین مقدار آن مرتب شده و سپس به عنوان جمعیت فرزندان به همراه فرزندان حاصل از عملگر تقاطع با جمعیت اولیه ادغام می‌گردند. نمونه‌ای از عملکرد جهش تک نقطه‌ای در شکل ۴ مشاهده می‌گردد. همان طور که در این نوع جهش مشاهده می‌شود، یک ژن را انتخاب و سپس از آن را از یک به صفر و یا بر عکس تغییر می‌دهد[۱۶].

شکل ۴: نمونه‌ای از عملکرد جهش تک نقطه‌ای

۷-۶- تنظیم پارامترهای الگوریتم

طراحی پارامترهای الگوریتم تأثیر قابل توجهی در عملکرد آن دارد. معمولاً باید به دنبال ترکیبی از مقادیر مختلف برای پارامترها بود که بهترین عملکرد را به دنبال داشته باشد. این موضوع به خصوص در مورد الگوریتم ژنتیک که دارای پارامترهای متعددی بوده اهمیت بیشتری دارد. به دست آوردن این ترکیب معمولاً کار ساده‌ای نیست. روش‌های مختلفی برای این منظور می‌توان بر شمرد. در این راستا انجام آزمایش‌هایی با در نظر گرفتن تمامی حالات به صورت سعی و خطا کاری دشوار بوده اما کاربران با تجربه و آشنا به مسأله و الگوریتم ژنتیک توانایی شناسایی سریع ترکیب مناسب پارامترها را خواهند داشت.

پارامترهای الگوریتم ژنتیک شامل تعداد جمعیت اولیه، تعداد نسل‌ها، نرخ تقاطع، نرخ جهش و میزان فشار انتخاب در روش انتخاب چرخ رولت هستند که به ترتیب با نمادهای npop، MaxIt، P_c، P_m، RWSsize نشان داده می‌شوند. با توجه به نتایج به دست آمده از تنظیم پارامترها، اندازه جمعیت، نرخ تقاطع و نرخ جهش به ترتیب بیشترین تأثیر را بر روی الگوریتم ژنتیک خواهند داشت و حساسیت نتایج مسأله با توجه به هر یک از آن‌ها می‌تواند تغییرات محسوسی نماید. پس از تنظیم پارامترهای الگوریتم، بهترین پارامترها در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

پارامتر	مقدار
MaxIt	۱۰۰
npop	۱۰۰
P_c	۰/۱
P_m	۰/۰۱
RWSsize	۸

جدول ۱: بهترین پارامترهای الگوریتم ژنتیک ارائه شده

1.Crossover Operator

۸- بحث و نتایج

به کارگیری الگوریتم ژنتیک به منظور حل مسأله تخصیص HUB برای مدل‌سازی به حداقل رساندن زمان و هزینه برای رساندن مصدومین ناشی از حوادث ترافیکی به مراکز خدمات درمانی منجر به تعیین محل بهینه این مراکز برای شبکه مورد مطالعه گردید. در این شبکه تعداد ۲۷ مرکز خدمات درمانی موجود است و ۱۰۰ نقطه حادثه‌خیز این شبکه که نیازمند به رساندن افراد مصدوم آن به مراکز خدمات درمانی وجود دارد، در نظر گرفته شده است. میزان تقاضا را بین ۱ تا ۲۰ در نظر گرفته شده که نشان دهنده تعداد مصدومین نیازمند رساندن به مراکز خدمات درمانی به منظور برنامه‌ریزی یک ساله است. نتایج حاصل از خروجی‌های الگوریتم شامل نزدیک‌ترین فاصله مصدومین تا مراکز خدمات درمانی، مجموع تقاضا در کمترین فاصله تا مراکز و هزینه رساندن مصدوم تا مرکز خدمات درمانی است. نزدیک‌ترین فاصله مصدومین تا مراکز خدمات درمانی برای نواحی منطقه ۸ در جدول ۲ ارائه شده است. مجموع کل هزینه رساندن مصدومین تا مرکز خدمات درمانی برابر ۱۷۹/۵۱۷ واحد بوده و مجموع تقاضا در کمترین فاصله تا مراکز برابر ۱۴۸۰ واحد است. مقدار کل تابع هدف نیز برابر ۱۶۶۰ واحد گردید.

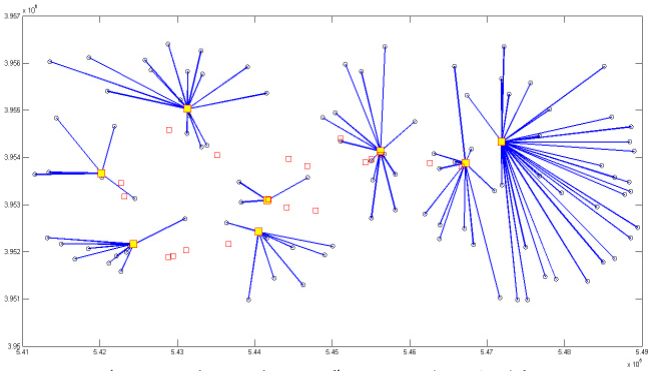
ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۴
۰/۶۱۷۳	۲/۰۵۱۳	۱/۴۰۱۸	۱/۶۶۵۸
۲/۶۰۹	۰/۹۶۶۲	۰/۱۵۸۸	۱/۲۹۰۷
۱/۴۰۶۷	۱/۱۸۰۱	۰/۴۶۰۶	۱/۲۰۵۲
۱/۷۹۹	۱/۹۴۴۶	۰/۰۹۳۸	۱/۰۷۳۱
۱/۶۰۸۶	۰/۹۶۸۳	۰/۰۹۰۳	۱/۳۴۸۱
۲/۳۶۶۷	۰/۳۷۰۴	۰/۷۲۰۴	۱/۵۷۲۵
۰/۹۲۸۸	۱/۲۴۶	۱/۹۹۲۳	۱/۳۱۱۳
۰/۳۲۸۹	۰/۹۹۱۳	۰/۳۷۶۴	۰/۶۸۶۶

جدول ۲: تعیین نزدیک‌ترین فاصله مصدومین تا مراکز خدمات درمانی بر حسب کیلومتر

ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه۴
۱/۹۱	۱/۶۸۰۸	۱/۶۱۷۷	۲/۹۲۲۳
۰/۲۶۸۸	۳/۴۱۷	۳/۳۰۰۲	۱/۰۲۳۳
۳/۵۷۳	۱/۴۰۶۶	۰/۷۹۰۸	۰/۰۵
۲/۵۰۵	۰/۶۰۴۹	۲/۲۹۴۴	۱/۳۴۵
۱/۲۶۱۱	۲/۷۱۲	۱/۴۳۱	۱/۳۵۸۸
۱/۶۳۰۳	۰/۷۰۳۷	۴/۰۷	۰/۱۱۱۶
۰/۴۶۹۸	۱/۷۰۲۱	۳/۷۰۴	۱/۰۷۲۸
۰/۷۷۰۱	۰/۲۳۷۱	۱/۵۳۹۹	۰/۹۴
۳/۸۶۵	۱/۱۰۳۳	۱/۱۶۲۶	۱/۹۴۱۴
۲/۵۴	۳/۶۸۶	۰/۷۳۸۸	۳/۵۵۹
۲/۷۲۲	۱/۵۸۳۷	۰/۱۶۴۳	۲/۲۰۹
۱/۶۴۳۶	۱/۳۹۱۴	۳/۶۱۸	۰/۷۱۸۸
۲/۷۷۹۷	۱/۰۰۴۶	۰/۵۲۴۲	۲/۲۷۲۱
۱/۸۵۷	۰/۶۰۸۸	۱/۲۱۲	۱/۴۵۷۴
۳/۹۳۴	۱/۸۳۲۲	۰/۲۷۵۷	۰/۸۸۱۴
۲/۱۹۱۸	۰/۹۲۸	۱/۹۴۷۳	۰/۷۴۳۱
متوسط مسافت رساندن مصدومین = ۱.۵۰۹۰۱۷ کیلومتر			

همان طور که در جدول فوق مشاهده گردید، مدل‌سازی مسأله حاضر مطابق مسأله تخصیص HUB و حل آن با الگوریتم ژنتیک توانسته تأثیر به سزایی در مسافت مورد نیاز برای رساندن مصدومین تا مرکز خدمات درمانی داشته باشد. بر این اساس متوسط مسافت مورد نیاز تا مراکز درمانی از نقاط حادثه‌خیز در حدود ۱/۵ کیلومتر است که گواهی بر مؤثر بودن متدولوژی این تحقیق است.

نتایج حاصل از الگوریتم ژنتیک و مدل‌سازی انجام گرفته برای مراکز درمانی و نقاط حادثه‌خیز شبکه منطقه ۸ شهرداری تهران منجر به تعیین محل بهینه مراکز خدمات درمانی با ماهیت کمترین مسافت و هزینه برای انتقال مصدومین در شکل ۵ ارائه شده است. محل مراکز خدمات درمانی از مختصات استخراجی از نرم‌افزار Arc Map حاصل شده است.



شکل ۵: محل بهینه مراکز خدمات درمانی به منظور ارائه خدمات به مصدومین در شبکه مورد مطالعه

همان طور که از شکل دریافت می‌گردد، تنها ۸ مرکز خدمات درمانی از بین ۲۷ مرکز می‌توانند بهترین عملکرد را برای شبکه داشته باشد و تنها موردی که باید به آن توجه نمود ظرفیت مرکز خدمات درمانی است. در این شکل اولین مرکز در سمت راست نقشه باید ظرفیت پذیرش بالایی داشته باشد تا در زمانی که تعداد بالایی تقاضا وجود دارد بتواند پاسخگو باشد.

۹- نتیجه‌گیری

در این تحقیق با به کارگیری مسأله مشهور تخصیص مکانی HUB سعی در مدل نمودن محل بهینه مراکز خدمات درمانی به منظور انتخاب سریع و کم هزینه برای رساندن مصدومین از نقاط حادثه‌خیز یک شبکه شهری به این مراکز گردید. این هدف با کدنویسی این مسأله و الگوریتم ژنتیک به عنوان روشی مناسب برای مسأله فوق تحقق یافت. از نتایج این تحقیق می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. نتایج نشان می‌دهد متدولوژی این تحقیق و الگوریتم به کارگفته شده برای حل مسأله حاضر مؤثر هستند و می‌توان به محل بهینه مراکز خدمات درمانی با استفاده از آن در زمانی اندک دست یافت.

۲. تعداد بهینه مراکز خدمات درمانی فعال و مورد نیاز به یک چهارم فعال به جای فعالیت تمامی مراکز کاهش می‌یابد و می‌تواند نتایج مناسبی را ارائه دهد. با این کار می‌توان به کاهش هزینه‌های مراکز کمک نمود.

۳. برخی از مراکز نیازمند ظرفیت بالایی برای پاسخ‌گویی به تقاضای مصدومین داشته و با توسعه این مراکز می‌توان به کاهش هزینه در حین ایجاد کمترین فاصله برای مصدومین تا مراکز فوق دست یافت.

۱۰- مراجع

۱- بررسی تأثیر کیفیت خدمات درمانی بر رضایت و وفاداری بیمار، ارائه الگوی ساختاری، سمیرا پور، فاطمه خریدار، امید خیرآبادی، اولین کنفرانس بین‌المللی مهندسی کیفیت.

2. Socio -Economic Planning Sciences ,2012 ,Transportation in Disaster Response Operations ,46 ,pp.23-32

3. Contreras ,I ,.Fernándeza ,E ,.Marín ,A ,2009 ,.Tight bounds from a path based formulation for the tree of hub location problem ,Journal of Computers & Operations Research ,36 ,pp.3117-3127

4. Topcuoglu ,H ,.Corut ,F ,.Ermis ,M ,.Yilmaz ,G,2005 ,. Solving the uncapacitated hub location problem using genetic algorithms, Journal of Computers & Operations Research, 32, pp 967-984.

5. Haghani, A., Oh, S.C., 1996, Formulation and Solution of a Multi-commodity, Multimodal Network Flow Model for Disaster Relief Operations, 30:231e50.

6. Tzeng, G.H., Cheng, H.J., Huang, TD, E., 2007, Multi-objective Optimal Planning for Designing Relief Delivery Systems, 43, pp 673-86.

7. Campbell, A.M., 2008, Routing Under Relief Efforts, Transportation Science, 42, pp 127-45.

8. Chern, C.C., Chen, Y.L., Kung, L.C., 2009, A Heuristic Relief Transportation Planning Algorithm for Emergency Supply Chain Management, pp 1-27.

9. Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C., Bergman, L., 1971, The location of emergency service facilities, Operations Research, 19, pp 1363–1373.

10. Lin, C.C., Chen, S.H., 2004, The hierarchical network design problem for time definite express common carriers. Transportation Research Part B, 38, pp 271–83.

11. Yang, K., Liu, Y.K., and Yang, G.Q., 2013, Solving fuzzy p-hub center problem by genetic algorithm incorporating local search, Journal of Applied Soft Computing, 13, pp 2624-2632.

12. De camargo, R.S., De mirranda, G., and Lokketangen, A., 2013, A new formulation and an exact approach for the many-to-many hub location-routing problem, Journal of Applied Mathematical Modelling, 37, pp 7465-7480.

13. O'Kelly, M.E., Miller, H.J., 1994, The hub network design problem: a review and synthesis. Journal of Transport Geography, 2(1), pp 31–40.

14. Klincewicz, J.G., 1998, Hub location in backbone/tributary network design: a review, Location Science, 6, pp 307–35.

15. Cavuoti, S., Garofalo, M., Brescia, M., Paolillo, M., Pescape', A., Longo, G., and Ventre, G., 2014, Astrophysical data mining with GPU A case study: Genetic classification, Journal of New Astrophysical., pp 26, 12-22.

16. Eiben, A.E., and Smith, J.E., 2003, Introduction to evolutionary computing, 1st Ed., Springer, Berlin.