سنجش از دور و GIS ایران
سال پنجم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۲
Vol.5, No.2, Summer 2013
Iranian Remote Sensing & GIS
۱۷-۳٤

ارائه روشی ابتکاری بر پایه الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی تخصیص مصدومان زلزله به مراکز درمانی

حسین آقامحمدی[۱]*، محمدسعدی مسگری[۲]، سعید خسروی[۳]

۱. دانشجوی دکترای GIS، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲. دانشیار گروه مهندسی GIS، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳. کارشناس ارشد GIS، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۱۲

چکیده

در زمینه مسائل تخصیص خدمات و مراکز خدماتی با ظرفیت مشخصی برای متقاضیان، مطالعات کمی صورت گرفته است و اکثر راه‌حل‌های ارائه‌شده برای این نوع مسائل، محاسباتی پیچیده دارند. برای حل این مشکل، روش‌های ابتکاری متناسب با شرایط مسئله شکل گرفته‌اند. همچنین در بیشتر کاربردها و مسائل تخصیص، بخش مهمی از اطلاعات و تحلیل‌ها جنبه مکانی دارد، ولی پژوهشگران تحقیق در عملیات و مدیریت که در این زمینه مطالعه بیشتری دارند، معمولاً به این موضوع کمتر توجه کرده‌اند. تخصیص مصدومان زلزله به مراکز درمانی را می‌توان در مسائل تخصیص‌های ظرفیت‌دار طبقه‌بندی کرد که اهمیت زیادی در مدیریت بحران زلزله دارند. از این رو، تکوین روشی مناسب برای بهینه‌سازی تخصیص مصدومان به مراکز درمانی اثر مهمی در کاهش زمان امدادرسانی و درنتیجه، کاهش صدمات جانی دارد. در این مقاله، ارائه روشی ابتکاری بر پایه الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی عملیات تخصیص مصدومان زلزله به مراکز درمانی، با استفاده از قابلیت‌های سامانه اطلاعات مکانی (GIS) توضیح داده می‌شود. به‌منظور بررسی کارایی الگوریتم طراحی‌شده، دو روش متفاوت برای تعداد و نحوه پراکندگی مکانی مصدومان زلزله برای منطقه مطالعه‌شده درنظر گرفته شد. مشکل دیگری که در پیاده‌سازی روش طراحی‌شده به آن توجه شده است، تأثیر میزان جمعیت اولیه الگوریتم ژنتیک در نحوه حل مسئله و زمان حل آن بود. با بررسی نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت ساختار طراحی‌شده توانایی لازم برای حل این نوع مسائل را با انتخاب میزان جمعیت اولیه مناسب دارد.

کلیدواژه‌ها: تخصیص، بهینه‌سازی، مصدومان، ژنتیک.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، خیابان ولی‌عصر، شماره ۱۳۶۴، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکدهٔ نقشه‌برداری.
Email: hossein.aghamohammadi@gmail.com

۱- مقدمه

مکان‌یابی و تخصیص از مسائل بسیار مهم در تصمیم‌گیری سازمان‌ها و شرکت‌ها به شمار می‌آید. بدون شک مکان‌یابی و تخصیص درست منابع و تسهیلات، باعث افزایش بهره‌وری و همچنین ارائه درست خدمات و تسهیلات می‌شود و این خود بر رضایت مشتریان می‌افزاید. ازاین‌رو، این مسئله از موضوعات مورد علاقه دانشمندان تحقیق در عملیات و علوم مدیریت بوده و مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است. مسائل مکان‌یابی و تخصیص از نوع مسائل NP-HARD[1] است، که با افزایش تعداد مراکز ارائه تسهیلات و تعداد مشتریان، پیچیدگی‌های موضوع به‌صورت نمایی افزایش می‌یابد. بنابراین در خیلی از موارد، روش‌های دقیق و ریاضی نمی‌تواند در حل این مسائل استفاده شود و برحسب نوع موضوع و ساختار آن باید از روش‌های ابتکاری برای حل مناسب استفاده کرد (Zhou & Lin, 2003).

با اینکه قبل از دستیابی به ابزار سامانه اطلاعات مکانی، مطالعات زیادی در علوم دیگر در زمینه آنالیزهای مکان‌یابی و تخصیص انجام شده بود و اکنون نیز این تحقیقات ادامه دارد، ولی نظر به این‌که در بیشتر کاربردها و موضوعات مربوط به تخصیص، بخش مهمی از اطلاعات و تحلیل‌های مورد نیاز جنبه مکانی دارد، می‌توان با استفاده از قابلیت‌های سامانه اطلاعات مکانی، در کنار روش‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی موجود، و الگوریتم‌های گوناگون آنالیزهای تخصیص برای حل بهتر این مسائل گام برداشت (Hoard, 2005).

انسان در طول تاریخ همواره با زلزله به‌عنوان بلایی طبیعی روبه‌رو بوده و زیان‌های اجتماعی و اقتصادی فراوانی را از آن متحمل شده است. در دهه‌های اخیر هزاران نفر به‌دلیل بروز زلزله‌های شدید دچار صدمات جانی و مالی شده‌اند. امدادرسانی سریع و بموقع به بخش‌های آسیب‌دیده، از بروز بسیاری حوادث پس از زلزله و تلفات انسانی جلوگیری می‌کند. تحقیقات نشان می‌دهد که زمان، عاملی بسیار مهم در کاهش میزان تلفات قربانیان حادثه پس از زلزله است. ۲۴ ساعت اولیه پس از وقوع زلزله، فرصتی طلایی برای کمک به حادثه‌دیدگان است، به این دلیل که در این ساعت‌ها بیشترین احتمال زنده‌ماندن قربانیان حادثه وجود دارد (Godschalk, 1999). بنابراین، کاهش زمان انجام عملیات تخصیص مصدومان به مراکز درمانی، تأثیر زیادی در کاهش تلفات انسانی خواهد داشت. از این رو، ارائه روشی مناسب برای بهینه‌سازی تخصیص مصدومان به مراکز درمانی کمک زیادی در کاهش صدمات جانی زلزله می‌کند.

در این مقاله، ابتدا مطالعات انجام‌شده در زمینه حل مسائل مکان‌یابی و تخصیص بررسی خواهد شد و در ادامه نحوه طراحی و پیاده‌سازی روشی ابتکاری برپایه الگوریتم ژنتیک، برای بهینه‌سازی تخصیص مصدومان زلزله به مراکز درمانی با استفاده از قابلیت‌های سامانه اطلاعات مکانی تشریح می‌شود.

۲- مروری بر کارهای انجام‌شده

مطالعات مسائل مکان‌یابی و تخصیص به‌صورت رسمی از سال ۱۹۰۹ با مطالعهٔ وبر در مورد چگونگی تعیین مکان منبع بر کمینه‌سازی فاصله بین آن و تعداد متقاضی شروع شد (Hansen et al., 1997). از زمان پیدایش موضوعات مکان‌یابی و تخصیص تاکنون روش‌های زیادی (دقیق ـ ابتکاری) برای حل آن‌ها ارائه شده‌اند. کوپر در سال ۱۹۶۳ روش تست‌کردن همه تخصیص‌ها را مطرح کرد (Cooper, 1963). کوئنه و سولند، الگوریتم تحدید و انشعاب را که برای مسائل با ابعاد کوچک جواب بهینه را به‌دست می‌آورد، عرضه کردند (Kunene and Soland, 1972). لاو و همکارانش در سال ۱۹۷۵ روش کاهش مجموعه و الگوریتم P-median را برای حل این مسائل ارائه کردند (Love et al., 1997). روش آن‌ها می‌تواند جواب دقیق مسائل را تا ابعاد n=۳۵ و m=۲ پیدا کند، که m بیانگر تعداد

1.Non Polynomial hard

مراکز خدماتی و n نشان‌دهنده تعداد نقـاط تقاضاسـت. همان‌طور که اشاره شد، استفاده از الگوریتم‌های دقیـق برای حل مسائل بزرگ بـه علـت طـولانی بـودن زمـان اجرای آن‌ها اصلاً جوابگو نیست، به این دلیل، مطالعـات زیادی روی روش‌های ابتکاری بـرای حـل ایـن مـسائل صورت گرفته است. نخستین روش ابتکاری را کـوپر در سال ۱۹۶۴ به نام الگوریتم تکرار مکان‌یابی و تخـصیص مطرح کـرد (Cooper, 1964). الگـوریتم‌هـای متفـاوتی مثـل جـستوجـوی ممنـوع، الگـوریتم ژنتیـک، و جست‌وجوی همسایگی متغیر برای حل ایـن مـسئله از سوی پژوهشگران به کار گرفته شده است. بـرای نمونـه بریمبرگ و همکـارانش از روش جـست‌وجـوی ممنـوع (Bimberg et al., 2000)، هانسن و همکـارانش از روش ژنتیـک (Hansen et al., 1997)، ویتـاکر از روش جست‌وجوی همسایگی متغیر (Whitaker, 1983) برای حل این مسئله استفاده کرده‌اند.

با توجه به تنوع و گستردگی مشکلات مکان‌یـابی و تخصیص، طبقه‌بندی‌های گوناگونی براساس ویژگی‌های این مسائل صـورت گرفتـه اسـت، کـه در ادامـه بیـشتر بررسی خواهد شد. موضوعات مطرح‌شـده مـی‌توانـد در فضای پیوسـته، گسـسته، و یـا شـبکه قـرار گیـرد کـه متناسب با فضای بررسی مـسئله، مـدل‌هـای متفـاوتی برای هر یک استفاده‌شـدنی اسـت (Daskin, 1995). در تعریف مسائل معمولاً محدودیت‌ها و قیدهای گونـاگونی وجود دارد و براین اساس آن‌هـا را بـه دو دسـته عمـدهٔ تک‌قیدی و چندقیدی تقسیم‌بندی می‌کنند (Drenzer & Hamacher, 2002). تقسیم‌بندی براساس تابع هدف از رایج‌ترین‌هاست، که براساس آن مسائل به سه دسـته کلی میانه، پوشـشی، و مرکـز تقـسیم‌بنـدی مـی‌شـوند (Tansel et al., 1983). در روش میانه، هدف این اسـت که مجموع فواصل لازم برای انتقال خـدمات بـه مراکـز تقاضا که به‌صورت وزن‌دار در نظـر گرفتـه شـده اسـت، کمینه شود (Hakimi, 1964). در مسائل پوششی، هدف رسیدن به بیشترین مقدار فاصله مناسب یا زمان انتقال خدمات اسـت (Schiling et al., 1993). مـسئله مرکـز نیازمند پوشش همه نقاط اسـت و هـدف، جـست‌وجـو برای کمینه‌کردن بیشترین فاصـله بـین نقـاط تقاضـا و نزدیک‌ترین مرکز خدماتی به آن نقطه است (Drenzer, 1995). همچنین می‌توان این مسائل را براسـاس تعـداد مراکز خدمات تقسیم‌بندی کرد که در این‌صورت بـه دو دسته یک‌مرکزی و چندمرکزی تقسیم‌بندی مـی‌شـوند (Berman and Krass, 2002). اگـر چنـدین مرکـز خدماتی وجود داشـته باشـد، معمـولاً آنهـا را بـه اسـم مسئله چندمرکزی وبر[1] (MSWP) می‌شناسـند، کـه در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی درباره آن صورت گرفتـه است. حالت کلی و ساده این مـسئله بـه‌صـورت تعیـین هم‌زمان مکان m مرکـز خـدماتی در فـضای اقلیدسـی، به‌منظور کمینه‌سازی هزینه انتقال خدمات بـین مراکـز خدماتی و نقاط تقاضا تعریف می‌شـود (Sighntaun & Charnsethikul, 2010). تاکنون انواع گونـاگونی از ایـن نوع مسئله طرح شده است. یکی از مـواردی کـه توجـه ویژه‌ای به آن شـده، مـسئله‌ای اسـت کـه در آن مراکـز خدماتی ظرفیت خاصی دارند و خدمت‌رسـانی براسـاس ظرفیت مراکز خدماتی صـورت مـی‌پـذیرد، کـه مـسئله چندمرکزی ظرفیت‌دار وبر[2] (CMSWP) نامیده می‌شود (Bischoff et al., 2009). گونه‌ای دیگر از ایـن مـسائل، مسئله چندمنظوره وبر[3] (MFWP) است، که در آن هـر مرکز خـدماتی خـدمات مشخـصی را ارائـه مـی‌کنـد و به‌عبارت دیگر، تمامی خدمات عرضه‌شده از m مرکـز از یک نوع نیستند. هدف این مـسئله نیـز، کمینـه‌سـازی هزینه انتقال انواع خدمات (متناسب با درخواست نقـاط تقاضـا) از مراکـز خـدماتی بـه نقـاط مـورد نظـر اسـت (Bischoff et al., 2009).

از نخستین تحقیقـاتی کـه در زمینـه حـل مـسائل چندمرکزی وبر صورت گرفت، پـژوهش کـوپر بـود کـه روش تکراری مکان‌یابی و تخصیص را ارائه کرد، کـه بـا

1. Multi Source Weber Problem
2. Capacitated Multi Source Weber Problem
3. Multi Facility Weber Problem

توجه به ماهیت تکراری آن زمان زیادی برای حل مسئله لازم است (Cooper, 1964). برای بهبود روش تکراری، تی‌یز و بارت روش ابتکاری تبادل را ارائه کردند (Teiz and Brat, 1968)، که این روش هم تا حدی مشکل روش قبلی را داشت. تا به امروز، از روش‌های زیاد دیگری مثل روش بازپخت[1] (SA)، جست‌وجوی ممنوعی[2] (TS)، ژنتیک، و انواع گوناگون جست‌وجوی همسایگی، به تنهایی یا درکنارهم که به‌عنوان روش‌های ترکیبی شناخته می‌شوند، برای حل مسائل چندمرکزی وبر استفاده شده‌اند. مورای و چرچ از روش بازپخت برای حل این مسئله استفاده کرده‌اند (Murray and Church 1996). در زمینه استفاده از روش جست‌وجوی ممنوع می‌توان به پژوهش اهلمولر اشاره کرد (Ohlemuller, 1997). صالحی و گامال برای حل این مسئله روشی برمبنای الگوریتم ژنتیک عرضه کردند (Salhi and Gamal, 2003). از مطالعات انجام‌شده در ایران نیز می‌توان به پژوهش محمدی اشاره کرد که به بررسی مسائل مکان‌یابی و تخصیص پرداخته و چند حالت از این نوع مسائل را با روش ژنتیک پیاده‌سازی کرده است (Mohammadi, 2008). در زمینه الگوریتم‌های ترکیبی روش قادری و جبل عاملی که از ترکیب الگوریتم ژنتیک با جست‌وجوی همسایگی متغیر برای حل مسئله استفاده کرده بودند، در دسترس است (Ghaderi & Jabalameli, 2008). نوع دیگر این مسائل با تعریف قیود اضافی مانند وجود مانع و یا منطقه ممنوع برای سفر، برای ارائه خدمات است، که نخستین بار کاتز و کوپر آن را مطرح کردند (Cooper & Katz, 1981). هانسن و همکارانش نیز، این موضوع را بررسی کرده‌اند (Hansen et al., 1982).

با وجود تحقیقات وسیعی که در زمینه مسائل MSWP انجام شده، کمبود مطالعات در زمینه CMSWP مشهود است. نخستین فعالیت در این زمینه را کوپر در سال ۱۹۷۲ انجام داد که از روش ریاضی‌ای دقیق برای حل مسئله استفاده کرد (Cooper, 1972). از دیگر مطالعات در این زمینه، می‌توان به گانگ و همکارانش اشاره کرد که روشی ابتکاری براساس ترکیب الگوریتم ژنتیک و توابع لاگرانژ ارائه کردند (Gong et al, 1997). آراس و همکارانش (Aras et al., 2007, 2008) چند روش ابتکاری غیرخطی را براساس الگوریتم ژنتیک و روش بازپخت برای حل انواع مسائل CMSWP پیشنهاد کرده‌اند.

متأسفانه در زمینه شرح و بسط مدل‌های مناسب برای تخصیص منابع دربارهٔ معضل مدیریت بحران کار چندانی انجام نشده و بیشتر موارد در زمینه تخصیص بودجه و زمان‌بندی بوده است. از مطالعات انجام‌شده در این زمینه می‌توان به مطالعهٔ دودو و همکارانش در سال ۲۰۰۵ اشاره کرد، که از روش برنامه‌ریزی خطی برای تخصیص منابع مالی به‌منظور اجرای فعالیت‌های فاز کاهش تأثیرات استفاده کرده‌اند (Dodo et al., 2005). در ایران نیز می‌توان به پژوهش وزیری و همکارانش اشاره کرد که کاری شبیه مطالعهٔ دودو و همکارانش را برای شهر تهران انجام داده‌اند (Vaziri et al., 2009).

از معدود مطالعات خوب انجام‌شده در زمینه تخصیص منابع در مدیریت بحران زلزله، می‌توان به تحقیق فریدریش و همکارانش در سال ۲۰۰۰ اشاره کرد که مدل بهینه‌سازی پویا را برای عملیات جست‌وجو و نجات انسان‌هایی که زیر آوار مانده بودند، ارائه کردند و برای حل آن از روش‌های بازپخت و جست‌وجوی ممنوع استفاده کردند (Fiedrich et al., 2000).

۳- طرح مسئله

در مسئله تخصیص مصدومان زلزله به مراکز درمانی، متقاضیان خدمات، مصدومان زلزله هستند که با توجه به سطح مصدومیت‌شان، نوع خاصی از درمان را لازم دارند. پس می‌توان گفت معمولاً تعداد زیادی متقاضی وجود دارند که نیاز به خدمات درمانی دارند. پارامتر

1. Simulated annealing
2. Tabu search

مهم دیگر، تعداد مراکز درمانی و ظرفیت آنها برای عرضه خدمات درمانی است.

پارامتر تأثیرگذار دیگر، شبکه راه‌هاست، که اطلاعات نحوه کارایی این شبکه مثل میزان سرعت در بخش‌های گوناگون مسیر، سطح دسترسی، و انسداد آن برای تعیین مسیر و زمان رسیدن مصدومان به مراکز درمانی نیاز است.

با توجه به مطالب اشاره‌شده، تابع هدف بهینه‌سازی را می‌توان چنین تعریف کرد:

رابطه (۱) $$\min Z(x) = \sum_i \sum_j \alpha_{ij} P_i t_{ij}$$

رابطه (۲) $$C_j \geq \sum_i \sum_j P_{ij}$$

رابطه (۳) $$P_i = \sum_j P_{ij}$$

$Z(x)$: کل زمان لازم برای رساندن مصدومان به مراکز درمانی

p_i: تعداد مصدومان موجود در نقطه i

α_{ij}: نسبتی از مصدومان موجود در نقطه i که به‌وسیله مرکز درمانی j پذیرش می گردد.

t_{ij}: زمان رسیدن از نقطهٔ i به مرکز درمانی j

C_j: ظرفیت سرویس‌دهی مرکز درمانی j

p_{ij}: تعدادی از مصدومان نقطه i که در مرکز درمانی j پذیرش می‌شوند.

رابطه‌های (۲) و (۳) بیانگر قیود لازم در حل مسئله‌اند. رابطه (۲) به منظور این است که هر بیمارستان بیش از ظرفیت خود پذیرش نکند، و هدف از رابطه (۳) این است که مجموع مصدومان نقطه i که در مراکز درمانی مختلف پذیرش می‌شوند برابر با کل مصدومان موجود در آن نقطه باشند.

۴- روش‌شناسی

با مروری بر مطالعات انجام‌شده در زمینه حل مسائل تخصیص به گونه‌ای که متقاضیان خدمات و مراکز خدماتی دارای ظرفیت مشخصی باشند، می‌توان گفت الگوریتم ژنتیک یکی از روش‌های بهینه‌سازی است که در حل این نوع مسائل زیاد به کار رفته است. الگوریتم ژنتیک به جمعیتی متشکل از اعضای متعدد اجازه می‌دهد تا تحت قواعد مشخصی به سمت حالتی که در آن برازندگی بیشینه می‌شود ـ و یا به عبارتی دیگر تابع هزینه کمینه می‌شود ـ حرکت کند. این الگوریتم مستقل از کاربرد است و همواره جوابی برای مسئله پیدا می‌کند و معمولاً با افزایش تکرار، جواب‌ها بهبود می‌یابند (Dr'eo et al., 2006).

در بیشتر کاربردها و مسائل مربوط به تخصیص، بخش مهمی از اطلاعات و تحلیل‌ها جنبه مکانی دارد، ولی پژوهشگران تحقیق در عملیات و مدیریت ـ که در این زمینه بیشتر مطالعه می‌کنند ـ کمتر به این موضوع توجه کرده‌اند؛ به عنوان مثال، به جای فاصله روی شبکه از فاصله اقلیدسی استفاده می‌کنند. با در نظر گرفتن خصوصیات مسئله، برای حل بهینه تابع هدف طراحی‌شده، یک روش ابتکاری براساس الگوریتم ژنتیک، در کنار استفاده از قابلیت‌های راهبرد سامانه اطلاعات مکانی در نظر گرفته شد. با بررسی معادله‌های نوشته‌شده برای حل تابع هدف، می‌توان در حل بهینه این توابع مسئله اساسی را تعریف کرد. نخستین مسئله، به‌دست آوردن کمترین هزینه براساس پارامتر زمان برای رساندن مصدومان از نقاط مختلف به مراکز درمانی است، که همان عبارت t_{ij} در تابع هدف است. با پیدا کردن بهترین مسیر ضمن در نظر گرفتن پارامتر کمترین زمان این مشکل حل می‌شود. و دومین مسئله به‌دست آوردن نسبتی از مصدومان در نقاط مختلف است که در مراکز درمانی موجود پذیرش می‌شوند، به نحوی‌که تابع هدف طراحی‌شده، بهینه شود و قیود مطرح‌شده در رابطه‌های (۲) و (۳) رعایت شوند.

آنالیز O-D COST از آنالیزهای شبکه موجود در نرم‌افزار ARCGIS9.3 است که براساس امپدانس طراحی‌شده برای شبکه، کمترین هزینه را براساس پارامترهای مختلفی مثل طول مسیر، زمان مسافرت بین مبادی حرکت و مقاصد به طور دقیق محاسبه می‌کند. برای حل مسئلهٔ نخست، استفاده از این آنالیز به عنوان روش مناسب در نظر گرفته شد.

برای حل مشکل دوم، لازم است ساختار ریاضی‌ای مناسب به‌شکل یک‌سری معادله و نامعادله برای طرح این معضل ارائه گردد. برای تشکیل این معادلات و نامعادلات و حل هم‌زمان، روشی ابتکاری بدین شرح مطرح شد: اگر i تعداد نقاط قرارگیری مصدومان باشد و p_i تا p_j تعداد مصدومان در هر یک از این نقاط، و j تعداد مراکز درمانی موجود باشد و C_1 تا C_j میزان ظرفیت پذیرش مصدومان مراکز درمانی H_i تا H_j، می‌توان ماتریسی با ابعاد $i \times j$ را فرض کرد که آرایه‌های آن باید به نحوی پر شود که جمع هر یک از ستون‌های آن به‌ترتیب برابر تعداد مصدومان در هر یک از نقاط ۱ تا i باشد و جمع سطرهای آن به ترتیب کوچک‌تر و مساوی ظرفیت مراکز درمانی باشد. به‌عبارتی می‌توان گفت با مسئله‌ای روبه‌رو هستیم که نیازمند حل i معادله و j نامعادله به‌طور هم‌زمان است، و در مجموع، باید به تعداد $i \times j$ مجهول محاسبه شود.

برای بهینه‌سازی تابع هدف و به‌دست آوردن مجهولات، روشی ابتکاری براساس الگوریتم ژنتیک درنظر گرفته شد. به‌طور کلی الگوریتم‌های ژنتیک با توجه به شرایط مسئله می‌توانند به شیوه‌های متفاوتی طراحی و پیاده‌سازی گردند. از آنجا که عملگرهای ژنتیک، پارامترهای گوناگون و روش‌های پیاده‌سازی متفاوتی دارند، در ادامه توضیحات مختصری در مورد برخی پارامترهای مهم ژنتیک و نحوه به‌کارگیری آن در حل مسئله تخصیص ظرفیت‌دار که در این مطالعه معرفی شده‌اند، ارائه می‌شود.

تابع هزینه: تابع هزینه درواقع معیاری است که عمل بهینه‌سازی برمبنای آن صورت می‌گیرد و بیانگر میزان نزدیکی و بهبودی کروموزوم‌هاست. هدایت الگوریتم برعهده این تابع است که می‌تواند عبارت و یا برنامه‌ای با خروجی‌ای باشد که کروموزوم‌ها را به سمت یافتن بهترین جواب هدایت می‌کند. تابع هدف (هزینه)، برای حل مسئله تخصیص طرح شده و قیود لازم آن، مطابق با روابط (۱)، (۲)، و (۳) است.

جمعیت اولیه: جمعیت اولیه یک‌سری از جواب‌های مسئله است که به‌صورت اولیه وارد الگوریتم شده است و یا به‌صورت تصادفی ایجاد می‌شود. تعداد جمعیت اولیه بستگی به پیچیدگی و نوع مسئله دارد. تعداد جواب‌هایی که به‌صورت موازی باید در هر نسل ایجاد و بررسی شوند، وابسته به تعداد جمعیت اولیه است. اگر جواب اولیه با دقت مناسب برای حل مسئله وجود داشته باشد، می‌توان از آن به‌عنوان مقادیر اولیه در تولید جمعیت اولیه استفاده کرد، که در بهبود جواب‌های خروجی کمک می‌کند و همچنین از زمان حل مسئله می‌کاهد. برای مسئله طرح‌شده، از آنالیز Closet Facility موجود در نرم‌افزار ARCGIS به‌منظور تهیه مقادیر اولیه استفاده می‌شود. این آنالیز نزدیک‌ترین منبع خدماتی را برای مشتریان روی شبکه تعیین می‌کند.

کروموزوم: کروموزوم‌ها از تعدادی ژن تشکیل شده‌اند، که تعداد ژن‌ها بستگی به نوع مسئله دارد و در هر مرحله شامل قسمتی از جواب مسئله است. برای حل مسئله تخصیص طرح‌شده، از کروموزوم ماتریسی‌ای استفاده می‌شود که تعداد ژن‌های آن درآیه‌های ماتریسی با ابعاد $i \times j$ است که در همان ضرایب معادلات و نامعادلات توضیح داده‌شده، قرار دارند.

روش کدگذاری: الگوریتم‌های ژنتیک تفاوت بسیاری با روش‌های بهینه‌سازی قدیمی دارند. در این الگوریتم‌ها باید فضای طراحی به فضای ژنتیک تبدیل شود. بنابراین، الگوریتم‌های ژنتیک با گروهی از متغیرهای کدشده کار می‌کنند. روش کدگذاری به نوع ژن‌های کروموزوم بستگی دارد و تابع نوع دادهٔ هر ژن است. برای مثال می‌توان همهٔ ژن‌های کروموزوم را به صورت باینری، یا به‌صورت اعداد صحیح و یا متناسب با دامنه تعریف مقادیر ژن کدگذاری کرد. در این مطالعه، به علت ساختار مسئله که مجهولات به شکل اعداد صحیح هستند، کدگذاری به‌صورت اعداد صحیح انجام می‌شود.

تولیدمثل: تولیدمثل نخستین عملی است که روی

جمعیت اعمال می‌شود. در این روش یک سری کروموزوم از میان جمعیت به‌عنوان والد انتخاب می‌شود که سرانجام با عمل ادغام به تولید فرزندان می‌انجامد. براساس نظریه تکامل باید بهترین موارد انتخاب شوند تا نسل جدید بهتری را تولید کنند. به‌همین دلیل، به عملگر تولیدمثل، عملگر انتخاب نیز گفته می‌شود. روش‌های گوناگونی برای انتخاب کروموزوم‌ها در ژنتیک وجود دارد، که از جمله روش‌های تصادفی، باقی‌مانده، چرخ رولت، و تورنمنت را می‌توان نام برد. از آنجا که روش‌های تصادفی و باقی‌مانده تقریباً ساختاری غیرقطعی دارند و در روش چرخ رولت گاهی با مشکلاتی از قبیل کندی و همگرایی ناگهانی به‌دلیل کوچک‌شدن فضای جست‌وجو مواجه می‌شویم، در این مطالعه روش تورنمنت چهارتایی به‌عنوان عملگر انتخاب، درنظر گرفته شد.

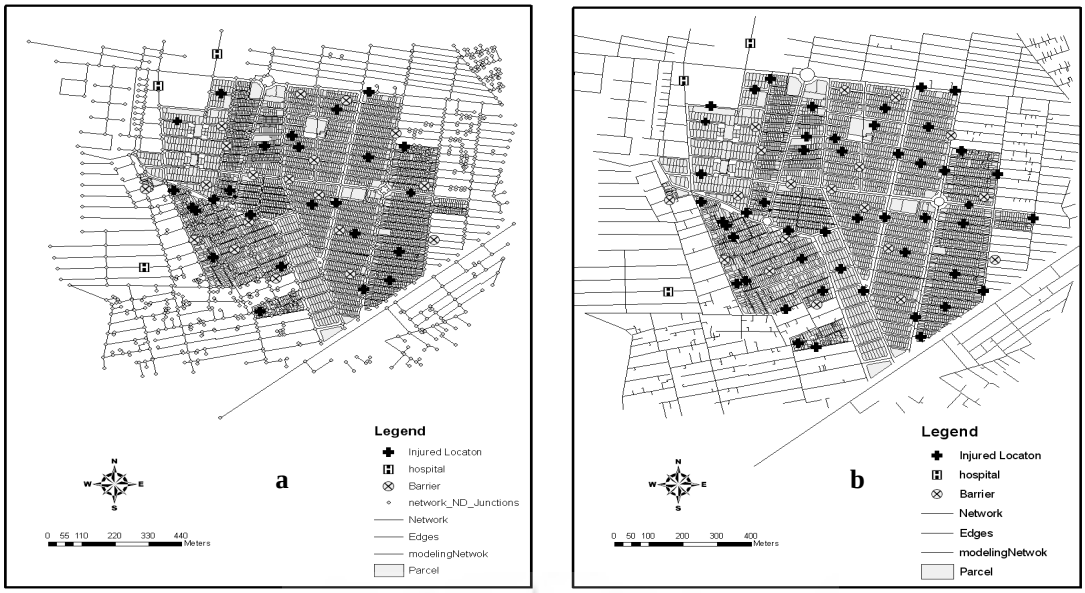
عملگرهای انتخاب، مجموعه‌ای از بهترین‌ها را انتخاب می‌کنند و با عملگر ادغام، کروموزوم‌های جدید به‌وجود می‌آورند. روش‌های گوناگون ادغام عبارت‌انداز: روش‌های ادغام تک‌نقطه‌ای، دونقطه‌ای، و اکتشافی. و براساس نظر دب، نمی‌توان گفت کدام روش بهتر است (Deb, 2001). بنابراین، روش ادغام مناسب با توجه به سلیقه و شرایط مسئله انتخاب می‌شود. در این مطالعه، ادغام تک‌نقطه‌ای به‌عنوان عملگر ادغام درنظر گرفته شد. در اینجا لازم است به مفهوم دیگری به‌عنوان نرخ ادغام اشاره کرد، این مفهوم بیانگر احتمال ادغام است که آن را با P_c نشان می‌دهند و مقدار آن بین صفر و یک است. گروهی از پژوهشگران پس از انجام تحقیقات وسیع روی پارامترهای الگوریتم ژنتیک مقدار بهینه را برای عملگر ادغام بین ۰/۱۵ تا ۰/۷۵ توصیه می‌کنند (Melanie, 1998)، در این مطالعه ۰/۷ به‌عنوان نرخ احتمال ادغام درنظر گرفته می‌شود.

پس از ادغام، نوبت به عمل جهش می‌رسد. عمل جهش، شامل تبدیل عدد صفر به یک و برعکس است، که براساس احتمالی کوچک به‌عنوان نرخ احتمال جهش به‌صورت بیت به بیت صورت می‌گیرد. محققانی که در زمینه پارامترهای ژنتیک مطالعه کرده‌اند. نرخ، عملگر جهش را بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۵ توصیه می‌کنند (Melanie, 1998). در این مطالعه عدد ۰/۰۴ به‌عنوان نرخ احتمال جهش درنظر گرفته شد.

۵- داده‌های مطالعه‌شده

برای پیاده‌سازی الگوریتم طراحی‌شده، بخش مرکزی منطقه ۱۷ تهران به‌عنوان منطقه نمونه آزمایشی انتخاب گردید. جمعیت کل این بخش ۳۲۲۳۹ نفر با تراکم جمعیتی معادل ۴۶۵ نفر در هر هکتار است و ۴۸۲۳ ساختمان نیز وجود دارد. برای پیاده‌سازی الگوریتم طراحی‌شده در این محدوده مطالعاتی، الگویی بدین شرح فرض شد: برای اطلاعات نحوه کارایی این شبکه مثل سرعت در بخش‌های گوناگون مسیر، سطح دسترسی، و انسداد، از اطلاعات شبیه‌سازی استفاده شد. در این قسمت ۱۸ معبر مسدود درنظر گرفته شد، ۳ مرکز درمانی در اطراف این محدوده مطالعاتی به ترتیب با ظرفیت پذیرش ۱۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ مصدوم، به همراه ۳ آمبولانس برای عملیات حمل مصدومان که محل قرارگیری اولیه آن‌ها این مراکز درمانی بود درنظر گرفته شد.

به‌منظور بررسی کارایی الگوریتم طراحی‌شده، دو سناریو برای تعداد و نحوه پراکندگی مکانی مصدومان زلزله درنظر گرفته شد. در حالت نخست ۲۵ نقطه به‌عنوان نقاط دربرگیرنده آن‌ها، با تعداد کل ۲۳۱ نفر مصدوم فرض شد. برای حالت دوم، ۵۰ نقطه به‌عنوان محل‌های قرارگیری مصدومان، با تعداد کل ۵۳۴ نفر مصدوم فرض شد. در این حالت هم ۱۸ معبر مسدود درنظر گرفته شد. ۳ مرکز درمانی در اطراف این محدوده مطالعاتی به ترتیب با ظرفیت پذیرش ۳۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ مصدوم، به همراه ۳ آمبولانس برای عملیات حمل مصدومان که محل قرارگیری اولیه آن‌ها این مراکز درمانی بود، درنظر گرفته شد. محدوده مطالعاتی و نحوه پراکندگی مکانی آن‌ها در دو حالت تعریف‌شده در شکل ۱، نشان داده شده است.



شکل ۱. نحوه پراکندگی مکانی مصدومان زلزله برای سناریوی ۲۵ نقطه مصدوم (**a**)؛ و سناریوی ۵۰ نقطه مصدوم (**b**)

لازم به توضیح است که این داده‌ها به فرمت Geodatabase درآمده و مجموعه‌ای از داده شبکه‌ای (Network Dataset) با توجه به اطلاعات معابر ایجاد شده و خطاهای توپولوژیکی آن‌ها حذف گردیده است تا بتوان آنالیزهای شبکه را روی آن‌ها انجام داد.

۶- پیاده‌سازی و نتایج

همان‌طورکه در قسمت قبلی گفته شد، برای بررسی کارایی الگوریتم طراحی‌شده، پیاده‌سازی با توجه به دو سناریوی متفاوت برای تعداد و پراکندگی مکانی مصدومان انجام می‌شود. در حالت نخست برای منطقه مطالعه‌شده، ۲۵ نقطه مصدوم با تعداد کل ۲۳۱ نفر با ۳ مرکز درمانی و با ظرفیت پذیرش کل ۳۰۰ نفر درنظر گرفته شد و برای حالت دوم سناریویی با ۵۰ نقطه مصدوم با تعداد کل ۵۳۴ نفر و با ۳ مرکز درمانی با ظرفیت پذیرش ۶۰۰ نفر فرض شد.

از معیارهای دیگری که به کارایی این روش بسط داده‌شده، کمک می‌کند این است که تعداد قیدهای مطرح‌شده در مسئله به صفر برسد. به‌عبارتی دیگر در این مسئله $i \times j$ مجهول وجود دارد، که این ضرایب تشکیل‌دهنده درآیه‌های ماتریسی با ابعاد $i \times j$ است ـ که در قسمت روش‌شناسی توضیح داده شد ـ اگر این مجهولات به‌صورتی محاسبه شود که جمع هر یک از ستون‌ها برابر تعداد مصدومان در هر یک از نقاط ۱ تا i باشد، یعنی تعداد قیدها به صفر می‌رسد و این قیدها در حل بهینه مسئله درنظر گرفته شده‌اند.

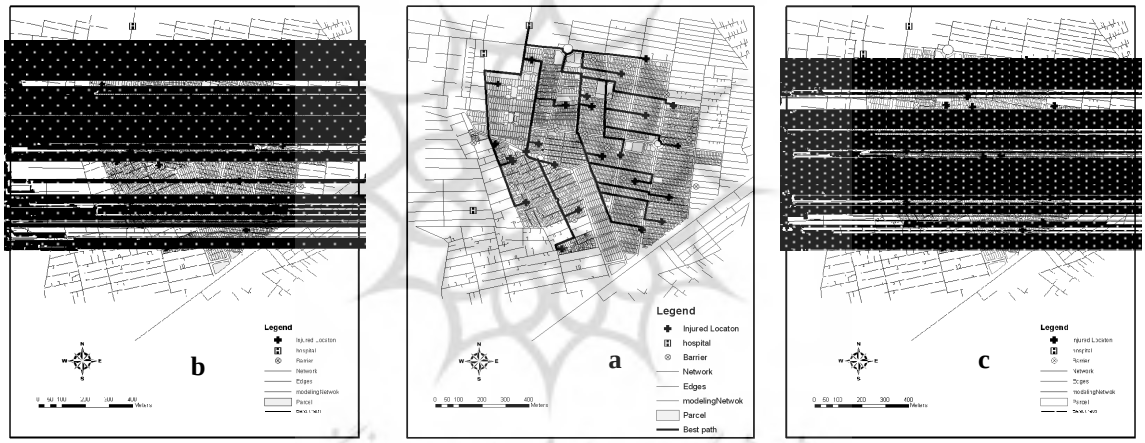
موضوع دیگری که در پیاده‌سازی روش طراحی‌شده به آن توجه شده، میزان جمعیت اولیه الگوریتم ژنتیک است، که این موضوع تأثیر زیادی در موضوع زمان حل مسئله و رسیدن میزان قیود به عدد صفر داشت. این حالت را می‌توان به‌دلیل ساختار مسئله دانست چون ساختار این مسئله به‌صورتی است که در آن تعداد زیادی معادله و نامعادله و ضرایب مجهول وجود دارد و هر چه درجه آزادی بالاتر باشد، می‌تواند تأثیر مثبتی در حل مسئله داشته باشد. از این رو، در قسمت پیاده‌سازی با تغییر جمعیت اولیه، تأثیر آن در حل مسئله و زمان حل آن بررسی شده است. لازم به توضیح است پیاده‌سازی این مسئله در کامپیوتری با مشخصات زیر انجام شده است:

Intel (R) Core (TM)2 Duo CPU, E 8400@300 GHZ, 2GB of RAM

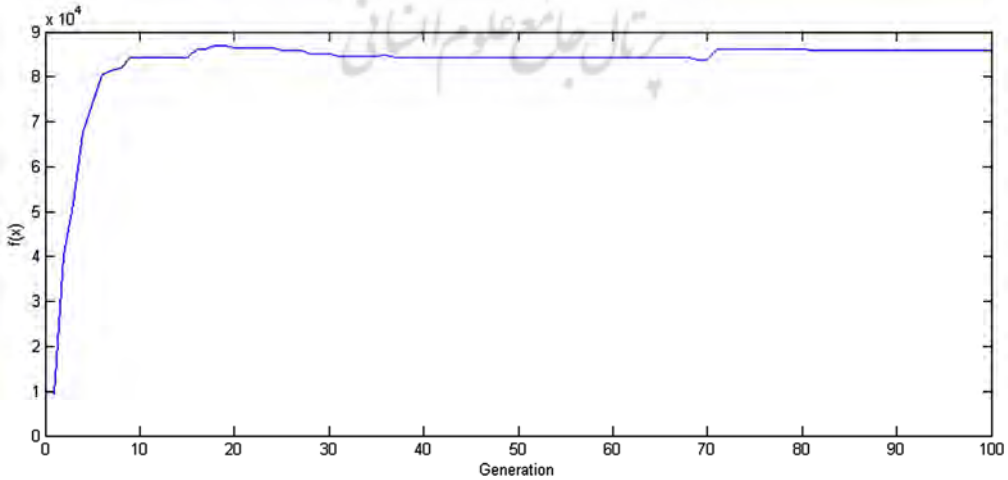
۶-۱- پیاده‌سازی سناریوی اول

بخش نخست پیاده‌سازی مربوط به مشکل به‌دست آوردن کمترین هزینه براساس پارامتر زمان، برای رساندن مصدومان از نقاط گوناگون به مراکز درمانی است، که این همان عبارت t_{ij} موجود در تابع هدف است. با پیداکردن بهترین مسیر با درنظر گرفتن پارامتر کمترین زمان، این مشکل حل می‌شود. این مقوله با استفاده از آنالیز O-D COST موجود در بخش آنالیزهای شبکه نرم‌افزار ARCGIS9.3 حل شد. این عملگر در زمانی برابر با ۲۵ ثانیه این پارامتر را محاسبه کرد. نتایج به‌دست‌آمده برای تعیین بهترین مسیر از نظر زمان طی‌شده بین نقاط مصدوم و هر یک از مراکز درمانی در شکل ۲، نشان داده شده است.

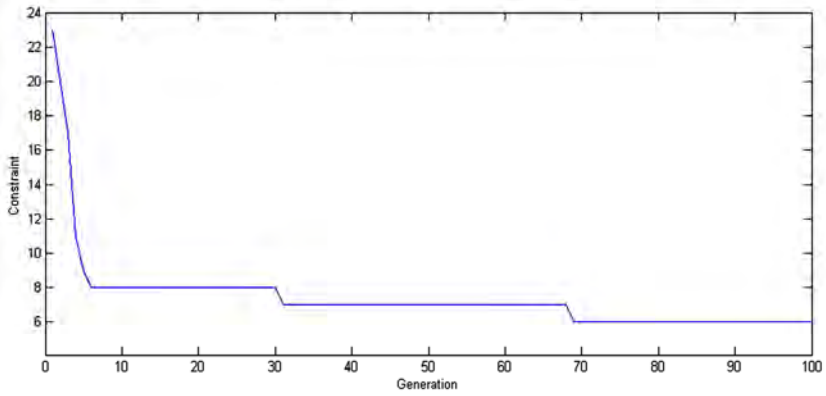
برای حل بخش دوم مسئله که همان بهینه‌سازی کل تابع هدف و به‌دست آوردن مجهولات بود، الگوریتم ژنتیک مطابق با پارامترهای توضیح‌داده‌شده در بخش روش‌شناسی، طراحی و پیاده‌سازی شد. ابتدا جمعیت اولیه و تعداد نسل هر دو برابر ۱۰۰ درنظر گرفته شد. حل مسئله بعد از ۱۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه، زمانی‌که تعداد نسل‌ها به عدد ۱۰۰ رسید، متوقف شد. نتایج به‌دست آمده برای مقدار بهینه تابع هدف و مقدار قیود با توجه به نسل‌های متفاوت در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.



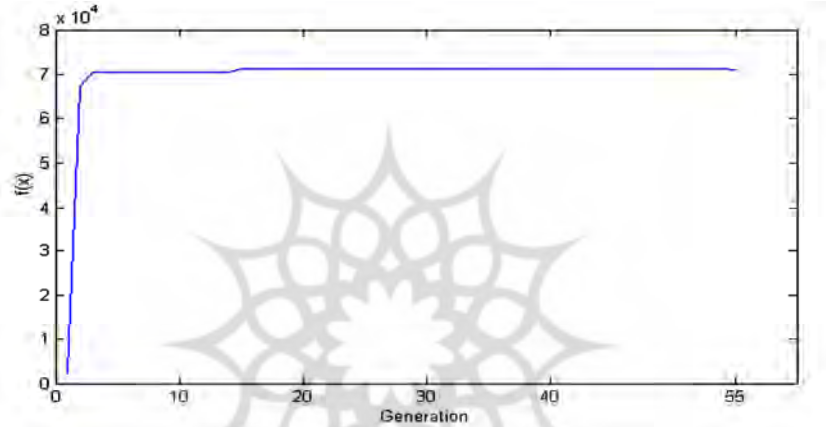
شکل ۲. بهترین مسیر از نظر زمان طی‌شده بین نقاط مصدوم و مراکز درمانی اول (a)، دوم (b)، و سوم (c) برای سناریوی ۲۵نقطه مصدوم



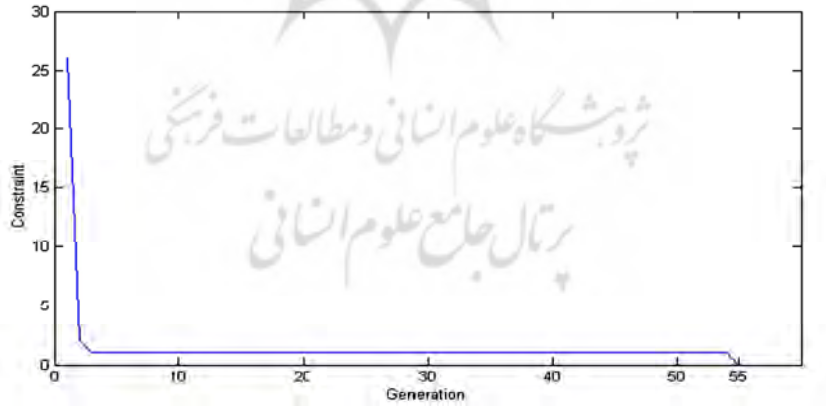
شکل ۳. مقادیر بهینه تابع هدف در نسل‌های متفاوت با جمعیت اولیه برابر ۱۰۰ برای سناریوی ۲۵ نقطه مصدوم



شکل ۴. مقادیر قیود در نسل‌های متفاوت با جمعیت اولیه برابر ۱۰۰ برای سناریوی ۲۵ نقطه مصدوم



شکل ۵. مقادیر بهینه تابع هدف در نسل‌های متفاوت با جمعیت اولیه برابر ۲۰۰ برای سناریوی ۲۵ نقطه مصدوم



شکل ۶. مقادیر قیود در نسل‌های متفاوت با جمعیت اولیه برابر ۲۰۰ برای سناریوی ۲۵ نقطه مصدوم

از آنجا که مقدار قیود به صفر نرسیده است می‌توان گفت که این میزان جمعیت اولیه و تکرار برای حل مسئله مناسب نبوده است. برای بار دوم، جمعیت اولیه و تعداد نسل هر دو برابر ۲۰۰ درنظر گرفته شد. حل مسئله بعد از ۳ دقیقه و ۴ ثانیه درحالی‌که تعداد نسل ۵۵ بود و مقدار قیود به صفر رسید، متوقف شد. نتایج به‌دست آمده برای مقدار بهینه تابع هدف و مقدار قیود با توجه به نسل‌های متفاوت در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است.

از آنجا که مقدار قیود به عدد صفر رسیده است، می‌توان گفت ساختار طراحی‌شده توانایی لازم برای حل مسئله را در محدوده زمانی مناسب داشته است. خروجی نهایی این روش نشان‌دهنده تعداد مصدومان در هر نقطه است که مراکز درمانی گوناگون موجود باید آن‌ها را بپذیرند. در جدول ۱، تعداد مصدومان بعضی از نقاط مشاهده می‌شوند که مراکز درمانی موجود با توجه به خروجی پیاده‌سازی انجام شده، برای سناریوی اول آنها را می‌پذیرند.

۶-۲- پیاده‌سازی سناریوی دوم

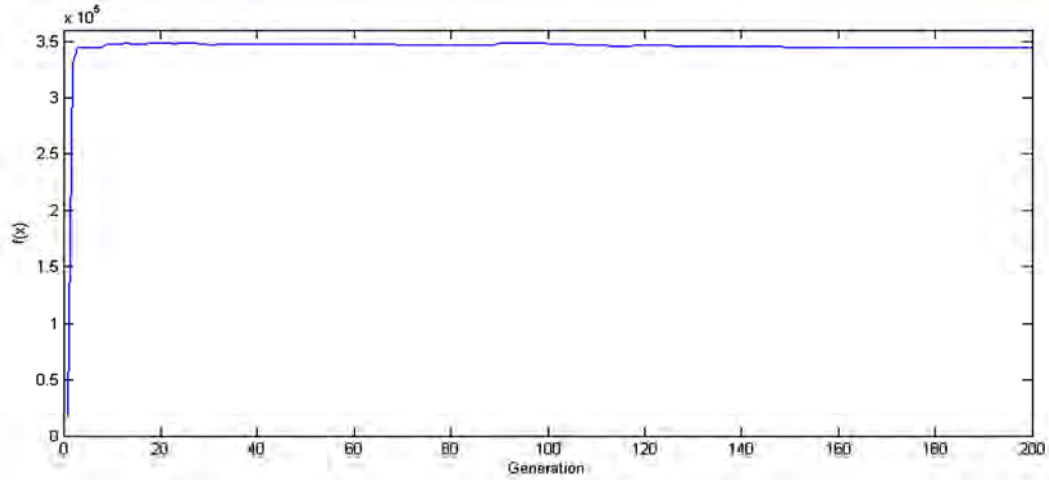
بخش نخست پیاده‌سازی، مسئله به‌دست آوردن کمترین هزینه براساس پارامتر زمان برای رساندن مصدومان از نقاط گوناگون به مراکز درمانی است، که همان عبارت t_{ij} تابع هدف است. با پیداکردن بهترین مسیر و با درنظرگرفتن پارامتر کمترین زمان، این مشکل حل می‌شود. این موضوع با استفاده از آنالیز O-D COST موجود در بخش آنالیزهای شبکه نرم‌افزار ARCGIS9.3 حل شد. این عملگر در زمانی برابر با ۴۴ ثانیه این پارامتر را محاسبه کرد. نتایج به‌دست آمده برای تعیین بهترین مسیر ازنظر زمان طی‌شده بین نقاط مصدوم و هر یک از مراکز درمانی در شکل ۷ نشان داده شده است.

برای حل بخش دوم مسئله که همان بهینه‌سازی کل تابع هدف و به‌دست آوردن مجهولات بود، الگوریتم ژنتیک مطابق با پارامترهای توضیح‌داده‌شده در بخش روش‌شناسی، طراحی و پیاده‌سازی شد. ابتدا، جمعیت اولیه برابر ۳۰۰ و تعداد نسل نیز برابر ۳۰۰ درنظر گرفته شد. حل مسئله بعد از ۳۲ دقیقه و ۱۸ ثانیه، زمانی‌که تعداد نسل‌ها به عدد ۲۰۰ رسید، متوقف شد؛ چون یکی از شرط‌های توقف، عدم تغییر در ۵۰ نسل متوالی بود که در اینجا این عمل روی داد. نتایج به‌دست آمده برای مقدار بهینه تابع هدف و مقدار قیود با توجه به نسل‌های متفاوت در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است.

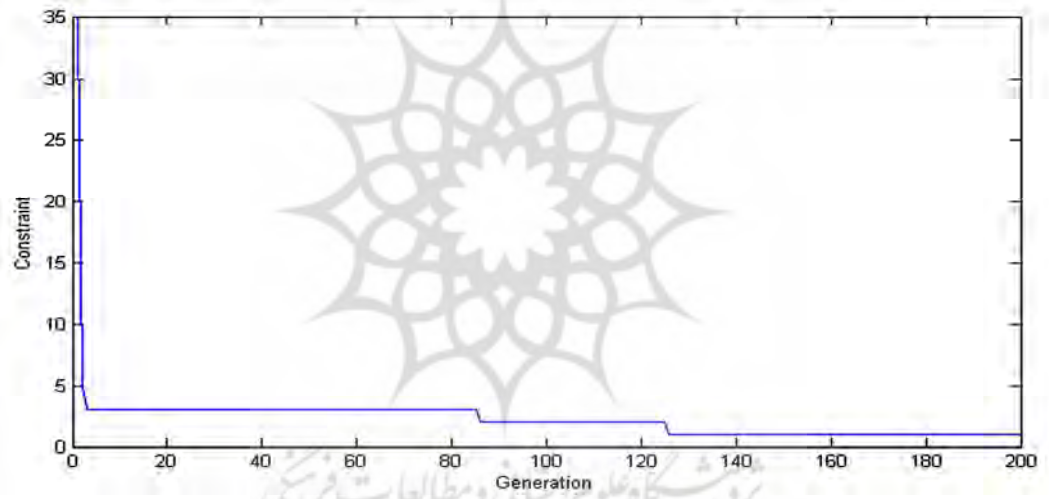
جدول ۱. تعداد مصدومان در شماری از نقاط که مراکز درمانی گوناگون موجود برای سناریوی اول باید آن‌ها را بپذیرند

شماره نقاط مصدومان	مرکز درمانی ۳	مرکز درمانی ۲	مرکز درمانی ۱
۱	۰	۱	۰
۴	۳	۰	۰
۱۴	۲	۴	۰
۲۰	۳	۲	۱۰
۲۳	۱۲	۴	۲

شکل ۷. بهترین مسیر ازنظر زمان طی‌شده بین نقاط مصدوم و مراکز درمانی اول **(a)** ، دوم **(b)**، و سوم **(c)** برای سناریوی ۵۰ نقطه مصدوم



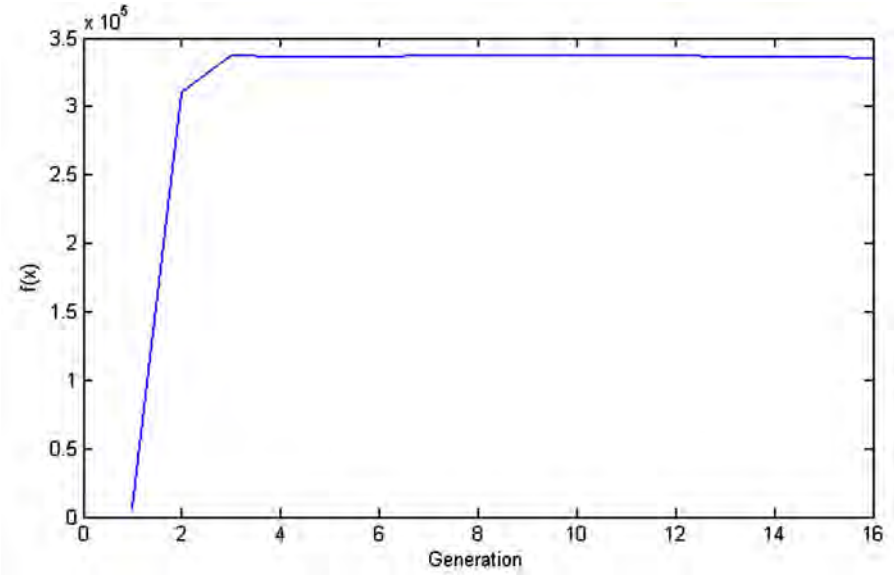
شکل ۸. مقادیر بهینه تابع هدف در نسل‌های متفاوت با جمعیت اولیه برابر ۳۰۰ برای سناریوی ۵۰ نقطه مصدوم



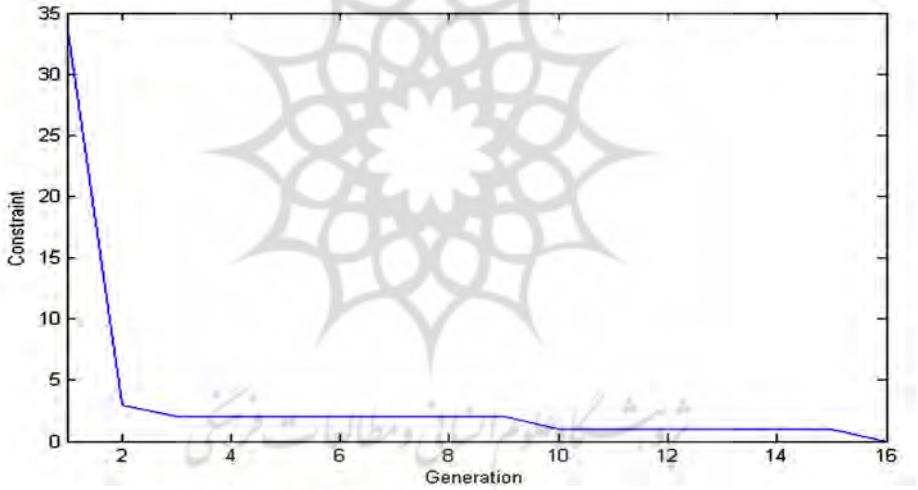
شکل ۹. مقادیر قیود در نسل‌های متفاوت با جمعیت اولیه برابر ۳۰۰ برای سناریوی ۵۰ نقطه مصدوم

از آنجا که مقدار قیود به صفر نرسیده می‌توان گفت که این میزان جمعیت اولیه و تکرار برای حل مسئله مناسب نبوده است. برای بار دوم، جمعیت اولیه برابر ۵۰۰ و تعداد نسل برابر ۳۰۰ درنظر گرفته شد. حل مسئله بعد از ۸ دقیقه و ۲۵ ثانیه در حالی‌که تعداد نسل ۱۶ بود و مقدار قیود به صفر رسید، متوقف شد. نتایج به‌دست آمده برای مقدار بهینه تابع هدف و مقدار قیود با توجه به نسل‌های گوناگون در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است.

از آنجا که مقدار قیود به عدد صفر رسیده، می‌توان گفت که ساختار طراحی‌شده توانایی لازم برای حل مسئله را در محدوده زمانی مناسب داشته است. خروجی نهایی این روش، نشان‌دهنده شماری از مصدومان در هر نقطه است که مراکز درمانی موجود باید آنها را بپذیرند. در جدول ۲، تعداد مصدومان بعضی از نقاط مشاهده می‌شود که مراکز درمانی موجود با توجه به خروجی پیاده‌سازی انجام‌شده، برای سناریوی دوم آنها را می‌پذیرند.



شکل ۱۰. مقادیر بهینه تابع هدف در نسل‌های متفاوت با جمعیت اولیه برابر ۵۰۰ برای سناریوی ۵۰ نقطه مصدوم



شکل ۱۱. مقادیر قیود در نسل‌های متفاوت با جمعیت اولیه برابر ۵۰۰ برای روش ۵۰ نقطه مصدوم

جدول ۲. تعداد مصدومان در شماری از نقاط که مراکز درمانی گوناگون موجود برای سناریوی دوم باید آن‌ها را بپذیرند

مرکز درمانی ۱	مرکز درمانی ۲	مرکز درمانی۳	شماره نقاط مصدومان
۲	۰	۰	۴
۰	۱	۴	۱۱
۹	۰	۲	۱۹
۲	۱۲	۴	۳۶
۴	۳	۱۴	۵۰

۷- نتیجه‌گیری

مسائل مکان‌یابی و تخصیص از نوع مسائل NP-HARD است، که با افزایش تعداد نقاط تقاضا و مراکز خدماتی، پیچیدگی و حجم محاسبات مسئله به‌صورت نمایی افزایش می‌یابد. بنابراین، در خیلی از موارد نمی‌توان از روش‌های جست‌وجوی مستقیم و قطعی در حل آنها استفاده کرد و برحسب نوع موضوع و ساختار آن باید از روش‌های ابتکاری برای حل بهینه آن‌ها بهره گرفت. محققان علوم مدیریت و تحقیق در عملیات مطالعات زیادی در زمینه آنالیزهای مکان‌یابی و تخصیص انجام داده‌اند، ولی از آنجا که اکثر کاربردهای مسئله تخصیص، ماهیت مکانی دارد و این علوم توانایی مناسب برای ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل، و نمایش این نوع داده‌ها را ندارند، راهبرد سامانهٔ اطلاعات مکانی به‌عنوان دانش مدیریت داده‌های مکانی محیط مناسبی برای حل بهتر مسائل مکان‌یابی و تخصیص را در اختیار قرار می‌دهد و با استفاده از آن می‌توان در کنار علوم بهینه‌سازی و شبیه‌سازی به حل بهتر و ساده‌تر مسائل پیچیدهٔ تخصیص پرداخت.

تحقیقات نشان می‌دهد که زمان عاملی بسیار مهم در کاهش تلفات پس از زلزله است، بنابراین کاهش زمان انجام عملیات تخصیص مصدومان به مراکز درمانی تأثیر زیادی در کاهش تلفات انسانی خواهد داشت و از این رو تکوین روشی مناسب برای بهینه‌سازی تخصیص مصدومان به مراکز درمانی کمک زیادی در کاهش صدمات جانی زلزله می‌کند. در این مقاله، با مروری بر مطالعات انجام‌شده در زمینه حل مسائل مکان‌یابی و تخصیص، نحوه طراحی و پیاده‌سازی روشی ابتکاری بر پایه الگوریتم ژنتیک، برای بهینه‌سازی تخصیص مصدومان زلزله به مراکز درمانی، با استفاده از قابلیت‌های راهبرد سامانه اطلاعات مکانی تشریح شد. با بررسی معادلات نوشته‌شده برای حل تابع هدف، این مسئله به دو مسئله کوچک‌تر تقسیم شد. نخستین مسئله به‌دست آوردن کمترین هزینه براساس پارامتر زمان برای رساندن مصدومان از نقاط گوناگون به مراکز درمانی بود. با پیداکردن بهترین مسیر ضمن درنظرگرفتن پارامتر کمترین زمان این مشکل حل می‌شد. این موضوع با استفاده از آنالیز O-D COST موجود در بخش آنالیزهای شبکه نرم‌افزار ARCGIS9.3 در زمانی کوتاه انجام شد. دومین مسئله، به‌دست آوردن نسبتی از مصدومان در نقاط گوناگون است که مراکز درمانی موجود آنها را می‌پذیرند، به نحوی‌که تابع هدف طراحی‌شده، بهینه شود و قیود مطرح‌شده رعایت گردد. برای حل مشکل دوم، لازم بود ساختار ریاضی مناسب به شکل گروهی معادله و نامعادله برای طرح این مسئله ارائه گردد. برای بهینه‌سازی تابع هدف و به‌دست آوردن مجهولات این معادلات و نامعادلات، روشی ابتکاری براساس الگوریتم ژنتیک درنظر گرفته شد.

به‌منظور بررسی کارایی الگوریتم طراحی‌شده، پیاده‌سازی با توجه به دو سناریوی متفاوت برای تعداد و پراکندگی مکانی مصدومان انجام شد. با بررسی نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت ساختار طراحی‌شده توانایی لازم برای حل این نوع مسائل را در محدوده زمانی مناسب دارد. مقوله دیگری که در پیاده‌سازی این روش به آن توجه شده است، تأثیر میزان جمعیت اولیه الگوریتم ژنتیک در نحوه حل مسئله و زمان حل آن بود. در قسمت پیاده‌سازی با تغییر جمعیت اولیه، اثر آن در حل مسئله و زمان حل آن بررسی شد. تغییر آن تأثیر زیادی در زمان حل مسئله و رسیدن میزان قیود به عدد صفر داشت، دلیل این موضوع را می‌توان ساختار مسئله دانست چون به شکلی است که در آن تعداد زیادی معادله و نامعادله و ضرایب مجهول وجود دارد و هر چه درجه آزادی بالاتر باشد، می‌تواند تأثیر مثبتی در حل مسئله داشته باشد.

۸- منابع

Aras N., Orbay M., Altinel I.K., 2008, **Efficient Heuristics for the Rectilinear Distance Capacitated Mlti-Fcility Weber Poblem**, Journal of the Operational Research Society, 59, PP. 64–79

Aras N., Yumusak S., Altinel I.K., 2007, **Solving the Capacitated Multi-Fcility Weber Poblem by Simulated Annealing Threshold Accepting and Genetic Algorithms**, Springer, PP. 91-112.

Berman O., Krass D., 2002, **Facility Location Problems with Stochastic Demand and Congestion**, Facility Location: Applications and theory, Springer-Verlag, Berlin, PP. 329–371.

Bischoff M., Fleischmann T., Klamroth K., 2009, **The Multi-Facility Location–Allocation Problem with Polyhedral Barriers**, Computers & Operations Research, 36, PP. 1376 –1392.

Brimberg J., Hansen P., Mladenovi N., 2000, **Improvements and Comparison of Heuristics for Solving the Uncapacitated Multisource Weber Problem**, Operations Research, 48, PP. 444-460

Cooper L., 1963, **Location – Allocation Problems**, Operations Research, 11, PP. 331-343.

Cooper L., 1964, **Heuristic Methods for Location – Allocation Problem**, Operation Research, 48, PP. 444-460.

Cooper L., 1972, **The Transportation–Location Problem**, Operations Research, 20, PP. 94–108.

Daskin M., 1995, **Network and Discrete Location**, Wiley, New York.

Deb K., 2001, **Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms**, Wiley, Chichester.

Dodo A., Xu N., Davidson R., Nozick L., 2005, **Optimizing Regional Earthquake Mitigation Investment Strategies**, Earthquake Spectra, 21(2), PP. 305–327.

Drezner Z., Hamacher H., 2002, **Facility Location: Applications and Theory**, Springer, Berlin

Drenzer Z., 1995, **On the Conditional P-median Problem, Computer and Operations Research**, 22, PP. 525-530.

Dr' eo J., Petrowski A., Taillard E., 2006, **Metaheurestic for Hard Optimization**, Springer-Velrag, Berlin, Germany.

Friedrich, et. al., 2000, **Optimizated Resource Allocation for Allocation Emergency Response After Earthquake Disater**, Safety Science, 35, PP. 41-57.

Gong D., Gen M., Yamazaki G., Xu W., 1997, **Hybrid Evolutionary Method for Capacitated Location–Allocation Problem**, Computers and Industrial Engineering, 33, PP. 577–80.

Godschalk D.R., 1999, **Natural Hazard Mitigation**, Island press.

Hakimi S.L, 1964, **Optimum Location of Switching Centers and he Absolue Centers and Medians of a Graph**, Operations Research, 12, PP. 450-459.

Hansen P., Mladenvic N., Taillard E., 1997, **Heurestic Solution of the Multisource Weber Problem as a P-Median Problem**, operation Research Letters, 22, PP. 55-62.

Hansen P., Peeters D., Thisse J., 1982, **An Algorithm for a Constrained Weber Problem**, Management Science, 28, PP. 1285–95.

Hoard M., 2005, **System Modeling in Support Evidence – Based Disaster Planning for Rural Areas**, International Journal of Hygiene and Environmental Health, 203 (1-2), PP. 117-125

Jabalameli M.S., Ghaderi A., 2008, **Hybrid Algorithms for the Uncapacitated Continuous Location-Allocation Problem**, Journal of Manufacturing Technology, 37, PP. 202–209.

Katz I.N., Cooper L., 1981, **Facility Location in the Presence of Forbidden Regions, I: Formulation and the Case of Euclidean Distance with one Forbidden Circle**, European Journal of Operational Research, 6, PP. 166–73.

Kuenne R.E., Solland R.M., 1972, **Exact and Approximate Solution to the Multisource Weber Problem**, Mathematical Programming, 3, PP. 193-209.

Love R.F., Morris J.G., Wesolowshy G.O., 1988, **Facilities Layout and Location: Models and Meyhods**, New York: North-Holland.

Melaine M., 1998, **An Introduction to Genetics Algorithms**, The MIT Press.

Mohammadi N., 2008, **Dynamic Resource Location-allocation,** The master of degree thesis, K.N. Toosi University of Technology.

Murray A.T., Church R.L., 1996, **Applying Simulated Annealing to Location – Planning Models**, Journal of Heuristics, 2, PP. 31-53.

Ohlemuller M., 1997, **Tabu Search for Large-Scale Location–Allocation Prolem**, Journal of Operational Research society, 48, PP. 745-750.

Salhi S., Gamal M.D.H., 2003, **A GA Based Heuristic for the Uncapacitated Continuous Location–Allocation Problem**, Annals of Operations Research, 123, PP. 203–22.

Schilling D.A., Jayaraman V., Barkhi R., 1993, **A Review of Covering Problem in Facility Location, Location Science**, 1(1), PP. 25-55.

Singhtaun C., Charnsethikul P., 2010, **Comparison of Exact Algorithms for Rectilinear Distance Single-Source Capacitated Multi Facility Weber Problems**, Journal of Computer Science 6 (2), PP. 112-116.

Tansel B.C., Francis R.L, Lowe T.J., 1983, **Location on Networks: A Survey. Part I: The Pcenter and P-Median Problems**, Management Science, 29(4), PP. 482-497.

Teiz M.B., Bart P., 1968, **Heurestic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of Weigthed Graph**, Operation Research, 16(5), PP. 955-961.

Vaziri P., et al., 2009, **Resource Allocation for Regional Earthquake Risk Mitigation: A Case Study of Tehran**, Iran, Natural Hazards.

Whitaker R., 1983, **A Fast Algorithm for the Greedy Inter-Change of Large Scale Clustering and Median Location Problems**, Infor, 21, PP. 95-108.

Zhou J., Lin B., 2003, **New Stochastic Models for Capacitated Location – Allocation Problem**, Computers and industrial engineering, 45, PP. 111-125.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی