انتخاب بهترین مکان برای احداث بیمارستان و مراکز بهداشتی درمانی در یک شهر با استفاده از الگوریتم بهینه سازی ژنتیک

فاطمه باقری[۱]، مهدی دهقان[۲]، مجید زیارت‌بان[۳*]، فرزانه افخمی نیا[۴]

۱. مربی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه گلستان، گرگان.
۲. دانشجوی مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه گلستان، گرگان.
۳. استادیار، گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه گلستان، گرگان.
۴. دانشجوی کارشناسی ارشد آمار زیستی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران، ساری، ایران

چکیده

زمینه و هدف: تصمیم گیری‌های کلان مدیریتی در سازمان ها نه تنها در زمان حال بلکه در آینده نیز تأثیرات عمیقی بر جنبه‌های مختلف سازمان دارند. اندک خطایی در تصمیم گیری ممکن است باعث هدر رفت منابع سازمان از جمله منابع مالی و انسانی شود. در این مطالعه به حل مسئله انتخاب بهترین محل برای احداث بیمارستان و مراکز بهداشتی درمانی که یکی از مسائل مهم در حوزه بهداشت و سلامت می‌باشد پرداخته می‌شود. به دلیل وجود فاکتورهای متعددی در تصمیم گیری و بی شمار راه حل ممکن برای این مسئله و ناتوانی انسان در حل چنین مسائلی، از الگوریتم بهینه سازی ژنتیک استفاده شده است و بهترین نقاط برای احداث بیمارستان‌ها محاسبه شد.

روش بررسی: این مطالعه با در نظر گرفتن شرایط واقعی که ممکن است در شهر وجود داشته باشد شبیه سازی شده است. با فرض وجود شهری با ابعاد N×N و دارا بودن چند بیمارستان و مرکز بهداشتی در سطح شهر، مسئله برای احداث سه بیمارستان مطرح شد. فاکتورهای مهمی که در تصمیم گیری تأثیرگذارند؛ سطح بهداشت، بار مراجعه و قیمت زمین در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهترین نقاط برای احداث سه بیمارستان محاسبه شد.

یافته ها: سه ویژگی سطح بهداشت، بار مراجعه و قیمت زمین برای تمامی مناطق شهری به صورت تصادفی مقداردهی شد. همچنین مختصات مراکز بهداشتی که از قبل در شهر موجود بودند، مشخص شد. نکته دیگر در نظر گرفته شده، نزدیک نبودن بیش از اندازه بیمارستان ها در سطح شهر می‌باشد. با در نظر گرفتن حد آستانه ۰/۲ واحد برای حداقل فاصله بیمارستان‌ها (فعلی و جدید) این محدودیت اعمال شد. پس از اجرای الگوریتم با شرایط حاکم بر مسئله، سه نقطه بهینه یافت شد.

نتیجه گیری: با توجه به اهمیت محل احداث بیمارستان ها و مراکز بهداشتی در سطح شهر و وجود فاکتورهای زیادی برای تصمیم گیری و انتخاب مناسب ترین محل، استفاده از راهکارها و الگوریتم هایی که بتوانند بهترین راه حل را از میان بی شمار راه حل در فضای جستجوی بزرگ بیابد، اجتناب ناپذیر است. به دلیل این که انسان به تنهایی و با روش های ساده ریاضی قادر نخواهد بود تمامی ویژگی ها را در کنار هم در نظر بگیرد و فضای جستجو را بررسی و بهترین نتیجه را بیابد، با تنظیم پارامترهای الگوریتم ژنتیک و با در نظر گرفتن تمامی فاکتورهای مهم به بهترین راه حل در فضای شهر دست یافتیم.

کلمات کلیدی: مسائل بهینه سازی، الگوریتم ژنتیک، یافتن بهترین محل، احداث مراکز بهداشتی درمانی

نویسنده مسئول: مجید زیارت بان
آدرس: ایران، گرگان، دانشگاه گلستان، دانشکده فنی و مهندسی
ایمیل: m.ziaratban@gu.ac.ir

مقدمه

داده کاوی یکی از روش‌های بسیار مهم تشخیص الگوهای پنهان و مفید در میان داده‌ها است. این روش، اطلاعات با ارزشی را در اختیار تحلیل گران قرار می‌دهد تا براساس آن بتوانند تصمیمات مهم و حیاتی در سازمانشان را به بهترین نحو اتخاذ نمایند. کاربران و تحلیل گران در اجرای این روش‌ها حداقل دخالت را دارند (۱).

با استفاده از تکنیک های داده کاوی، شرکت ها قادرند ارتباط عوامل درونی سازمان خود (مانند قیمت، زمان یابی فرآورده یا مهارت های کارمندان) را با عوامل خارجی (مانند شاخص‌های اقتصادی، رقابت و آمارگیری جمعیتی مشتری) مشخص کنند. مدیریت ارتباط با مشتری امری است که امروزه شرکت ها سرمایه گذاری های کلانی را در این بخش انجام می‌دهند. سازمان ها با استفاده از داده کاوی و تحلیل داده های خود می‌توانند در جهت رضایت مندی مشتریان خود و حفظ منافع شرکت گام مهمی را بردارند (۲). در فضای رقابتی امروز، توانایی کشف و شناسایی مشتریان سودآور و ایجاد روابط بلندمدت و پایدار با آن ها یکی از مزیت‌های اصلی رقابت است (۳). یکی از روش‌های شناسایی گروه‌های مختلف مشتریان، داده کاوی می‌باشد.

داده‌کاوی شامل دو دسته تکنیک می‌باشد؛ تکنیک های پایه (Basic Techniques) و تکنیک های بر اساس قاعده(Rule-based) خوشه بندی، دسته بندی، تحلیل رگرسیون، قواعد تلازمی و تحلیل های زمانی نیز در حوزه تکنیک های پایه قرار می‌گیرند. درخت تصمیم، تئوری فازی، الگوریتم ژنتیک، سیستم یادگیری استقرایی و روش های آماری از جمله روش های مبتنی بر قاعده هستند (۴). الگوریتم ژنتیک اساساً یک الگوریتم بهینه سازی به منظور یافتن بهترین راه حل در فضای جستجوی بسیار بزرگ است.

الگوریتم ژنتیک روشی برای یافتن راه‌حل تقریبی برای بهینه سازی و مسائل جستجو است. این الگوریتم از جمله الگوریتم های تکاملی است که از تکنیک های زیست شناسی مانند وراثت و جهش استفاده می‌کند. علم ژنتیک، علمی است که دربارهٔ چگونگی توارث و انتقال اطلاعات بیولوژیکی از نسلی به نسل بعد صحبت می‌کند. کروموزوم‌ها و ژن‌ها عامل اصلی انتقال اطلاعات بیولوژیکی در موجودات زنده می‌باشند. عملکرد آن ها به گونه‌ای است که در نهایت کروموزوم‌ها و ژن‌های برتر و قوی‌تر باقی مانده و ژن‌های ضعیف‌تر از بین می‌روند. به عبارت دیگر باقی ماندن موجودات برتر، نتیجهٔ عملیات متقابل ژن‌ها و کروموزوم‌ها می‌باشد. اساس این الگوریتم، قانونِ تکاملِ داروین (بقای بهترین) است که می‌گوید: موجودات ضعیف‌تر از بین می‌روند و موجودات قوی‌تر باقی می‌مانند. در واقع، هر چه امکان تطبیق موجود بیشتر باشد، بقای موجود امکان‌پذیرتر است و احتمال تولید مثل بیشتری برای آن وجود دارد (۵).

الگوریتم ژنتیک از تکامل ژنتیکی به عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می‌کند. نحوه کار این الگوریتم به گونه‌ای است که برای یافتن رابطه بهینه جهت پیش‌بینی یا تطبیق الگو از اصول انتخاب طبیعی داروین استفاده می‌کند. در واقع الگوریتم ژنتیک از جمله الگوریتم‌های تکاملی است.

الگوریتم‌های تکاملی در سال ۱۹۶۰ توسط ریچنبرگ مطرح شدند. الگوریتم‌های تکاملی قادرند توابع و مسائل مشکل را بهینه کنند (۶). وجه اشتراک تمامی الگوریتم‌های تکاملی وجود جمعیتی از افراد است (۷). الگوریتم‌های ژنتیک که یکی از این الگوریتم‌ها است توسط پروفسور هولند مطرح و سپس توسط جمعی از دانشجویان مانند گلدبرگ توسعه داده شد (۱۰-۸).

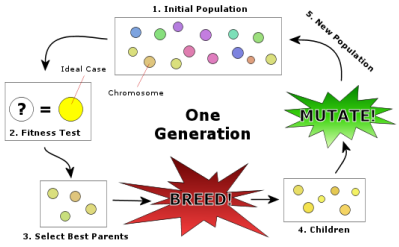
این الگوریتم ابتدا با یک سری جواب‌های تصادفی که به آن‌ها کروموزوم‌های نسل اول می‌گویند شروع به کار می‌کند. سپس میزان شایستگی هر یک از کروموزوم‌ها بر اساس الگویی که تنظیم شده است (تابع fitness) اندازه گیری می‌شود. کروموزوم‌هایی که دارای مقدار شایستگی بیشتری باشند به عنوان والدین نسل بعد برگزیده می‌شوند. سپس با تقاطع والدین فرزندان نسل آینده به

وجود می‌آیند. همچنین با تغییر برخی ژن‌ها به طور تصادفی عمل جهش نیز انجام می‌شود. تولید نسل‌ها به همین صورت تا هنگامی که به حداکثر تعداد نسل برسیم ادامه دارد (۱۱). الگوریتم ژنتیک کاربردهای متنوعی در مسائل مختلف دارند. از جمله مواردی که می‌توان از الگوریتم ژنتیک استفاده کرد می‌توان به بهینه‌سازی، شناسایی و کنترل سیستم، پردازش تصاویر و مسائل ترکیبی، تعیین توپولوژی و آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم‌های مبتنی بر تصمیم و قاعده اشاره کرد.

محققان استفاده های متنوعی از الگوریتم ژنتیک کرده‌اند. مسائل بهینه سازی در حوزه‌های مختلف با استفاده از این الگوریتم حل شده‌اند. افشار در تحقیقی با استفاده از الگوریتم ژنتیک به طراحی بهینه شبکه‌های فاضلاب پرداختند. آن‌ها با استفاده از متغیرهای طراحی متفاوتی این مسأله را حل کردند و نتایج آن را با یکدیگر مقایسه کردند (۱۲). موسی زادگان در تحقیقی یک مدل جدید هزینه گرا برای مسئله موازنه خط مونتاژ ارائه دادند که شامل هزینه نیروی انسانی و خرید تجهیزات می‌باشد. آن‌ها شرایط واقعی خط مونتاژ را در مسئله در نظر گرفتند و برای حل آن از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند (۱۳). سید حسینی و همکاران، مسئله مکان یابی پایانه‌های شبکه اتوبوس رانی درون شهری را که مسئله مهمی در حمل و نقل عمومی است، با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل کردند. آن‌ها گام مهم تحقیق خود را محاسبه تعداد و مکان‌های بهینه پایانه‌های مورد نیاز بیان کردند. همچنین مهم ترین مزیت استفاده از الگوریتم ژنتیک برای آن‌ها رسیدن به جواب دقیق‌تر در زمان کمتر بوده است (۱۴). ظفری و همکاران نیز با هدف کمینه کردن هزینه جابجایی چندین وسیله نقلیه که به طور همزمان از انبار کالا شروع به حرکت می‌کنند و بعد از ملاقات کردن مشتریان به انبار باز می‌گردند، مسئله مسیریابی وسیله نقلیه را به کمک الگوریتم ژنتیک حل کردند (۱۵). عیدی در تحقیقی به مسئله کوتاه‌ترین مسیر در هدایت پویای وسیله نقلیه مبتنی بر معیار سطح سرویس با رویکرد الگوریتم ژنتیک پرداخت. او متغیرهایی نظیر زمان سفر، مصرف سوخت بر اساس واقعیت‌های اقتصادی اجتماعی و توصیف کامل شرایط ترافیکی را در نظر گرفت. البته با توجه به متغیر بودن پارامتر ترافیک در زمان‌های مختلف، از تکنیک‌های هوش مصنوعی با تأکید بر الگوریتم ژنتیک استفاده کرد. از جمله توانایی‌های الگوریتم طراحی شده می‌توان به برنامه ریزی بهتر سفرها، تصمیم گیری‌های مسیریابی شبکه حمل و نقل مانند انتخاب مسیر و معرفی کاندیداهای مختلف طی مسیر برای رانندگان با هدف کاهش هزینه اشاره کرد (۱۶).

روش بررسی

الگوریتم ژنتیک در واقع خصوصیات موروثی را توسط ژن‌ها انتقال می‌دهد. همان طور که می‌دانیم خصوصیات انسانی توسط کروموزوم‌های او به نسل آینده منتقل می‌شوند. کروموزوم‌ها از تعدادی ژن تشکیل شده‌اند که هر ژن بیانگر یک خصوصیت است. حال اگر این کروموزوم بدون تغییر به نسل بعد منتقل شود، خصوصیات نسل بعدی کاملاً شبیه به خصوصیات نسل قبل خواهد بود. اما بدیهی است که در واقعیت این طور نیست. در واقع، دو عمل جهش و ترکیب بر روی کروموزوم‌ها اتفاق می‌افتند. در جهش(Mutation) بعضی ژن‌ها به صورت کاملاً تصادفی تغییر می‌کنند. با این که تعداد این گونه ژن‌ها بسیار کم می‌باشد، اما این اتفاق بسیار مهم است. اتفاق دیگری که به تعداد بسیار بیشتری نسبت به جهش رخ می‌دهد، ترکیب دو کروموزوم با یکدیگر و تولید فرزند و یا فرزندانی است. فرزندان در واقع از تبادل ژن‌های والدین به یکدیگر به وجود می‌آیند. شکل ۱ کارکرد الگوریتم ژنتیک را در حالت کلی نشان می‌دهد.



شکل ۱. روش کار الگوریتم ژنتیک

طبق نظریه تکاملی داروین شانس بقای نسل‌هایی که ویژگی‌ها و خصوصیات برتری نسبت به نسل‌های دیگر دارند بیشتر است و خصوصیات برتر آن ها به نسل‌های بعدی انتقال می‌یابد. بخش دوم این نظریه بیان می‌کند که هنگام تولید فرزند ممکن است رویدادهایی به صورت تصادفی رخ دهد که موجب تغییر ویژگی‌های فرزند شود. در صورتی که این تغییر دارای فایده باشد، باعث افزایش احتمال بقای آن فرزند خواهد شد.

مسائل بهینه سازی در محاسبات کامپیوتری و بسیاری از مسائل بهینه سازی که در دنیای واقعی وجود دارند نیازمند روش حل مناسب می‌باشند. نظریه داروین که نشأت گرفته از پردازش تکاملی در طبیعت می‌باشد به عنوان روشی برای حل مسائل بهینه سازی مطرح شده است.

تعریف مسئله

در امر مدیریت بهداشت و مراکز بهداشتی و درمانی، تصمیم گیری بهینه و انتخاب شایسته امری ضروری است. احداث مراکز درمانی و بیمارستان‌ها اغلب جزو مواردی بوده است که پارامترهای متعددی به صورت همزمان مانند موقعیت محل از نظر سطح بهداشتی محیط، قیمت زمین و بار مراجعه و سایر موارد در انتخاب محل آن‌ها وجود دارد. انتخاب بهترین نقاط برای احداث بیمارستان با توجه به تعدد پارامترهای مورد نظر کار آسانی نیست.

اکثر روش‌های سنتی کامل نیستند و در آن‌ها یکی از متغیرها که مهم تر از بقیه است به عنوان هدف در نظر گرفته می‌شود و مابقی متغیرها به محدودیت تبدیل می‌شوند (۱۷). به همین دلیل در چنین مواقعی الگوریتم های بهینه سازی بهترین روش برای یافتن بهترین نقطه می‌باشند.

هدف از این تحقیق یافتن محل‌های مناسب‌تر برای احداث سه بیمارستان در یک شهر می‌باشد؛ با توجه به این که ممکن است این شهر در حال حاضر نیز دارای تعدادی بیمارستان باشد. همچنین از جمله مواردی که اهمیت دارد درجه سلامت و بهداشت محیط، بار مراجعه و قیمت زمین در هر ناحیه از شهر است.

شهر مورد نظر دارای ابعاد $N \times N$ در نظر گرفته می‌شود. طول و عرض مختصات شهر در بازه $[0,1]$ در نظر گرفته می‌شود که مجموعاً شهر به ۱۰۰ ناحیه تقسیم می‌شود. برای نقطه مرکزی هر ناحیه عددی در بازه $[0,1]$ به عنوان درجه سلامت و بهداشت آن ناحیه در نظر گرفته می‌شود. درجه سلامت برای هر یک از نواحی در این مقاله به صورت تصادفی تولید شده است که می‌توان آن را با داده‌های واقعی که متخصصین حوزه بهداشت بر اساس شاخص‌ها و استانداردها مشخص می‌کنند، جایگزین کرد.

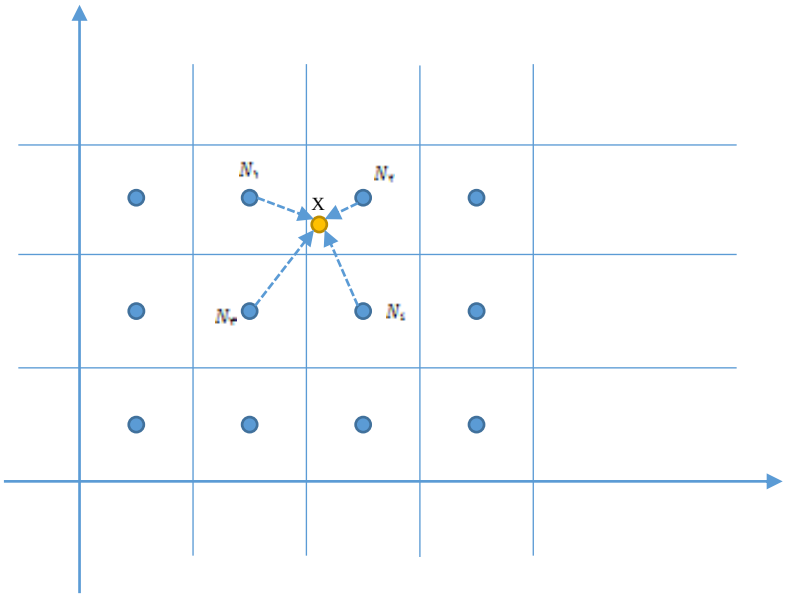
ویژگی دیگری که دارای اهمیت است قیمت زمین و بار مراجعه (جمعیت) در هر ناحیه می‌باشد. این مقادیر نیز برای هر نقطه از شهر متفاوت است. در این مقاله قیمت زمین و بار مراجعه برای هر ناحیه به صورت تصادفی تولید شده است. نکته دیگری که در این مقاله در نظر گرفته شده است، نزدیک نبودن بیش از حد سه بیمارستان به یکدیگر و همچنین نزدیک نبودن بیش از حد هر یک از سه بیمارستان به بیمارستان‌هایی که از قبل در شهر وجود داشته‌اند، می‌باشد.

به دلیل وجود تعداد پارامترهای متعدد در این مسئله، از الگوریتم ژنتیک به منظور بهینه سازی انتخاب محل استفاده شده است.

روش حل مسئله

یکی از موارد مطرح در این مسئله، درجه سلامت و بهداشت محل مورد نظر می‌باشد. همان طور که در بخش

قبل گفته شد، در این مقاله به صورت تصادفی به هر ناحیه یک درجه سلامت نسبت داده می‌شود که در واقع این درجه سلامت به مرکز ناحیه تعلق دارد. این امکان وجود دارد که نواحی همسایه دارای درجه سلامت متفاوتی باشند. بنابراین درجه سلامت نقطه‌ای که به عنوان محل احداث بیمارستان در نظر گرفته می‌شود از آن جایی که ممکن است دقیقاً در مرکز ناحیه قرار نداشته باشد و نزدیک به نواحی اطراف باشد باید به طور دقیق محاسبه شود. شکل ۲ نمونه‌ای از موقعیت قرار گرفتن بیمارستان نسبت به نواحی اطرافش را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نمونه‌ای از قرار گرفتن بیمارستان نسبت به موقعیت‌های اطراف

همانطور که می‌دانیم هر نقطه محل احداث بیمارستان دارای چهار ناحیه همسایه با درجه سلامت‌های مشخصی می‌باشد. هر چه فاصله نقطه مورد نظر به مرکز یک ناحیه نزدیک‌تر باشد، بیانگر تأثیرپذیری بیشتر از آن ناحیه در درجه سلامت می‌باشد. همچنین هر چه از مرکز یک ناحیه دورتر باشد، تأثیرپذیری کمتری از آن ناحیه خواهد داشت. تابع fit در رابطه (۱) تأثیرپذیری نقطه محل از درجه سلامت چهار ناحیه اطرافش را بیان می‌کند.

$$fit_X = \frac{\frac{1}{dist_{X,N_1}}\times S_1 + \frac{1}{dist_{X,N_2}}\times S_2 + \frac{1}{dist_{X,N_3}}\times S_3 + \frac{1}{dist_{X,N_4}}\times S_4}{\frac{1}{dist_{X,N_1}} + \frac{1}{dist_{X,N_2}} + \frac{1}{dist_{X,N_3}} + \frac{1}{dist_{X,N_4}}} \quad (1)$$

در رابطه بالا fit_X درجه سلامت نقطه (x_P, y_P) را نشان می‌دهد که نسبت به نواحی اطرافش $\{N_1, N_2, N_3, N_4\}$ درون یابی شده است. $dist_{X,N_i}$ نیز فاصله نقطه (x_P, y_P) تا مرکز N_i یکی از نواحی اطراف را می‌دهد.

روش‌های متعددی برای اندازه گیری فاصله بین دو نقطه وجود دارد. یکی از روش‌ها، روش اقلیدوسی نام دارد که در این مقاله استفاده شده است. رابطه (۲) نحوه محاسبه فاصله اقلیدوسی بین دو نقطه را بیان می‌کند.

$$dist_{X,N_i} = \sqrt{(x_X - x_{N_i})^2 + (y_X - y_{N_i})^2} \quad (2)$$

به ترتیب طول و عرض مختصات محل مورد نظر احداث بیمارستان و x_P و y_P نیز به ترتیب طول و عرض مختصات مرکز ناحیه همسایه ام را بیان i و x_{N_i} و y_{N_i} فاصله اقلیدوسی دو نقطه $dist_{X,N_i}$ می‌کنند. (x_P, y_P) و (x_{N_i}, y_{N_i}) را نشان می‌دهد.

به جهت این که تمامی ویژگی‌های تأثیرگذار در تصمیم گیری باید همگن سازی شوند، قیمت زمین و بار مراجعه نیز باید به بازه $[0,1]$ نگاشت و نرمال سازی شود. به منظور نرمال سازی قیمت زمین از رابطه (۳) استفاده می‌شود که این رابطه به منظور نرمال سازی بار مراجعه نیز استفاده می‌شود.

$$NP_i = \frac{P_i - min(P)}{max(P) - min(P)} \quad (3)$$

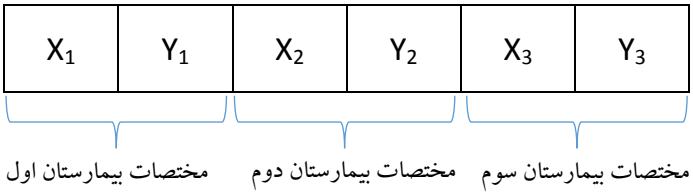
NP_i قیمت نرمال شده زمین را نشان می‌دهد. P_i قیمت واقعی زمین می‌باشد. $min(P)$ و $max(P)$ به ترتیب کمترین و بیشترین قیمت زمین در شهر را بیان می‌کنند.

پیاده سازی الگوریتم ژنتیک

شکل کروموزوم:

نخستین گام در پیاده سازی الگوریتم ژنتیک تبدیل راه حل به یک کروموزوم می‌باشد. هر کروموزوم از ترکیبی از ژن‌ها ساخته شده است. هر کدام از ژن‌ها نیز می‌تواند از اعداد حقیقی، دودویی، طبیعی و یا نمادها و ماتریس‌ها باشد. هر یک از کروموزوم‌ها به عنوان یک راه حل و در واقع یک جواب برای مسئله در نظر گرفته می‌شود که طبق الگوی مشخصی کدگذاری می‌شود. در نهایت بهترین کروموزوم که همان بهترین جواب است از طریق راه حل تکاملی الگوریتم ژنتیک انتخاب می‌شود.

در این مسئله یک راه حل در واقع محل‌های مناسب سه بیمارستان در شهر می‌باشد. از آن جا که هر محل توسط دو پارامتر x و y مشخص می‌شود، بنابراین کروموزوم‌ها از شش ژن که متشکل از مختصات سه بیمارستان هستند تشکیل شده‌اند. شکل ۳ نمونه‌ای از کروموزوم‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳. ساختار کروموزوم (راه حل) برای حل مسئله احداث سه بیمارستان

جمعیت اولیه:

پس از شکل گیری ساختار کروموزوم، تولید یک سری راه حل‌های اولیه (در واقع تولید یک سری کروموزوم) انجام می‌گیرد که به آن نسل اولیه می‌گویند و کروموزوم‌های آن، جمعیت آن نسل را تشکیل می‌دهند. تعداد کروموزوم‌های اولیه، اندازه جمعیت نامیده می‌شود. جمعیت اولیه تنها یک بار و در زمان شکل گیری اولین نسل الگوریتم ژنتیک به صورت تصادفی ایجاد می‌شود. تعیین اندازه مناسب جمعیت نسل اولیه نکته مهمی در پیاده سازی الگوریتم ژنتیک می‌باشد. اگر جمعیت نسل اولیه کوچک باشد ممکن است الگوریتم نتواند راه حل خوبی را بیابد و همچنین جمعیت زیاد در نسل اول ممکن است منجر به صرف زمان زیادی در اجرای برنامه شود. در پیاده سازی الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله مورد نظر، تعداد کروموزوم نسل اولیه ۳۲ در نظر گرفته شد که این تعداد در همه نسل‌ها ثابت است.

تابع هدف و محدودیت‌ها:

از آن جایی که هر کروموزوم در هر نسل یک راه حل مسئله را بیان می‌کند؛ می‌بایست تابعی برای ارزیابی کروموزوم‌ها نسبت به یکدیگر تعریف شود که در عین حال ویژگی‌های مهم و مورد نظر طراح مسئله نیز در آن دیده شده باشد.

با توجه به این که ویژگی‌های مهم سطح بهداشت، قیمت زمین و بار مراجعه در نظر گرفته شدند و همچنین با اهمیت محدودیت فاصله بین بیمارستان ها، تابع هدف مسئله در رابطه (۴) تعریف شده است.

$$fitness = \frac{(fit_1+fit_2+fit_3)\times(v_1+v_2+v_3)\times D}{(P_1+P_2+P_3)^{1/2}} \quad (۴)$$

مقدار *fitness* بیانگر میزان اهمیت کروموزوم می‌باشد. هر چه مقدار *fitness* بیشتر باشد، کروموزوم راه حل مناسب‌تری را بیان می‌کند. fit_i و v_i به ترتیب سطح بهداشت و بار مراجعه بیمارستان iام می‌باشند. از آن جا که سطح بهداشت و بار مراجعهٔ بالا جزء ویژگی‌های مثبت می‌باشند، در صورت کسر تابع *fitness* آمده‌اند. P_i قیمت زمین بیمارستان iام را بیان می‌کند که جزء ویژگی‌های با تأثیر منفی است و همچنین از نظر طراح مسئله اهمیت بیشتری نسبت به سایر ویژگی‌ها در تصمیم گیری دارد. به همین دلیل این ویژگی در مخرج کسر و با توان $1/2$ آمده است.

از آن جا که معمولاً موقعیت محل‌های بهینه در سطح شهر نزدیک به یکدیگر می‌باشند، به جهت جلوگیری از

احداث بیش از اندازه نزدیک بیمارستان‌های جدید، محدودیتی برای این موضوع در نظر گرفته شد. طوری که اگر فاصله دو به دوی هر کدام از بیمارستان‌ها نسبت به همدیگر در کروموزومی که بیانگر موقعیت سه بیمارستان است، کمتر از حد آستانه ۰/۲ باشد، آن کروموزوم به جهت احداث بیش از اندازه نزدیک بیمارستان‌ها فاقد اعتبار است اگر چه ممکن است دارای *fitness* بالایی نیز باشد. همچنین بیمارستان‌های احداثی نباید بیش از اندازه به بیمارستان‌هایی که از قبل در شهر وجود داشتند، نزدیک باشند. از این رو فاصله بیمارستان‌های یک کروموزوم (راه حل) با بیمارستان‌های از قبل موجود در شهر نیز اندازه گیری می‌شود. اگر هر کدام از این فواصل اندازه گیری شده کمتر از حد آستانه ۰/۲ باشند، این کروموزوم نیز فاقد اعتبار تلقی می‌شود. تمامی فواصل ذکر شده با استفاده از رابطه فاصله اقلیدسی که در رابطه (۲) بیان شده است محاسبه می‌شود.

علاوه بر در نظر گرفتن محدودیت فاصله کمتر از ۰/۲، فاصله بیمارستان ها به عنوان یک ویژگی تأثیرگذار در تابع *fitness* نیز در نظر گرفته شد. به این صورت که اندازه کمترین فاصله همه بیمارستان ها (قدیم و جدید) هر چه بیشتر باشد، از نظر طراح مسئله چینش بیمارستان ها وضعیت بهتری خواهد داشت. به همین دلیل ویژگی D که بیانگر کمترین فاصله بین بیمارستان های جدید و همچنین بین بیمارستان های جدید با قدیم می باشد، در تابع *fitness* لحاظ شده است.

عملگرهای ژنتیک:

عملگرهای ترکیب و جهش جمعیت نسل‌های بعدی را می‌سازند. با انتخاب والدین نسل آینده از جمعیت فعلی و انجام عملگرهای ترکیب و جهش بر روی آن ها جمعیت جدید نسل آینده ساخته می‌شود. اندازه جمعیت در تمامی نسل‌ها ثابت می‌باشد.

انتقال نخبه:

منظور از نخبه در واقع بهترین کروموزوم از میان کروموزوم‌هاست. پس از محاسبه شایستگی کروموزوم‌ها و در نظر گرفتن محدودیت‌ها، کروموزوم هایی‌که دارای بیشترین شایستگی باشند به عنوان نخبه‌های نسل معرفی می‌شوند. با هدف حفظ همگرایی مسئله، بهتر است تعداد محدودی از نخبه‌ها از نسل فعلی مستقیماً به نسل بعدی منتقل شوند.

ترکیب:

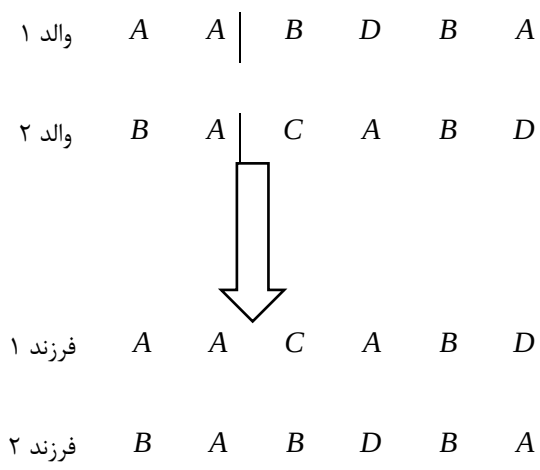
فرزندان که همان راه حل‌های جدید هستند با تقاطع دو والد از طریق عملگر ترکیب به وجود می‌آیند. هدف از این تولید به وجود آمدن فرزندان بهتر است. بدین معنی که راه حل‌های بهتری می‌تواند پس از ترکیب والدین به وجود آید (۱۸). روش‌های متعددی برای پیاده سازی عملگر ترکیب پیشنهاد شده است. در این مقاله از روش ترکیب تک نقطه‌ای استفاده شده است. روش ترکیب تک نقطه‌ای به گونه‌ای عمل می‌کند که با انتخاب یک نقطه تصادفی بر روی کروموزوم، اطلاعات دو کروموزوم در آن نقطه تعویض می‌شوند. این روش در ادامه به همراه شکل توضیح داده می‌شود. به عنوان مثال دو والد شکل ۴ را در نظر بگیرید.

والد ۱	A	A	B	D	B	A
والد ۲	B	A	C	A	B	D

شکل ۴. دو کروموزوم والد و نقاط احتمالی تقاطع

محل‌هایی که بین ژن‌ها مشخص شده‌اند می‌توانند به عنوان نقطه تقاطع در نظر گرفته شوند. نقاط تقاطع به دلیل این که x و y مربوط به یک نقطه مناسب با هم به نسل بعدی راه یابند به این گونه مشخص شده‌اند. به صورت تصادفی یکی از مکان‌هایی که بر روی کروموزوم نشان داده شده‌اند به عنوان نقطه تقاطع برای عمل ترکیب انتخاب می‌شود.

با فرض در نظر گرفتن نقطه نشان داده شده در شکل ۵ به عنوان نقطه تقاطع، عمل ترکیب به گونه‌ای انجام می‌شود که یکی از فرزندان دو ژن اول خود را از والد ۱ و مابقی ژن‌هایش را از والد ۲ می‌گیرد و فرزند دیگر بالعکس دو ژن اول خود را از والد ۲ و مابقی را از والد ۱ می‌گیرد. به این صورت هر جفت والدین دو فرزند تولید خواهند کرد.



شکل ۵. دو کروموزوم والد و فرزندان تولید شده به روش ترکیب تک نقطه‌ای

جهش:

منظور از جهش، تغییر تصادفی یک ژن است. به جهت جلوگیری از همگرایی راه حل‌ها به سمت یک جواب بهینه محلی، با تغییر تصادفی ژن در کروموزوم، جستجو در محل دیگری از فضای حالت شروع می‌شود. این کار با انتخاب تصادفی یک ژن و تغییر آن به صورت تصادفی انجام می‌شود. نرخ جهش معمولاً به صورت $1/n$ تعریف می‌شود که n طول کروموزوم می‌باشد.

تنظیم داده‌ها و روش حل:

اندازه جمعیت نسل اول که به صورت تصادفی تولید شده است تعداد ۳۲ کروموزوم در نظر گرفته شد که تمامی آن‌ها به صورت تصادفی تولید شدند. پس از اندازه گیری مقدار *fitness* هر کدام و همچنین در نظر گرفتن محدودیت‌های بیان شده، ارزش هر یک از کروموزوم‌ها مشخص می‌شود. از آن جا که الگوریتم ژنتیک بر اساس تولید نسل تکاملی عمل می‌کند، والدین با ارزش بیشتر را برای انجام تولید نسل بعدی برمی‌گزینند. دو کروموزوم برتر به عنوان نخبه مستقیماً به نسل بعدی انتقال داده می‌شوند تا همگرایی مسئله حفظ شود. شش کروموزوم برتر بعدی از لحاظ ارزش (سومین تا هشتمین کروموزوم برتر) به عنوان والد نسل بعدی در نظر گرفته می‌شوند که عمل ترکیب بر روی آن‌ها انجام می‌شود. عمل ترکیب بر روی دو به دوی این والدین انجام می‌شود. تعداد ۱۵ جفت مختلف والدین در میان شش کروموزوم وجود دارند که در رابطه (۵) نشان داده شده است.

$$\binom{۶}{۲} = \frac{۶!}{۲!\times(۶-۲)!} = ۱۵ \qquad (۵)$$

هر جفت از والدین دو فرزند تولید خواهند کرد. دو کروموزوم نخبه نیز به صورت مستقیم به نسل بعدی انتقال می‌یابند. بنابراین در مجموع تعداد کروموزوم‌های نسل بعدی ۳۲ کروموزوم می‌باشد که در هر نسل این تعداد ثابت است.

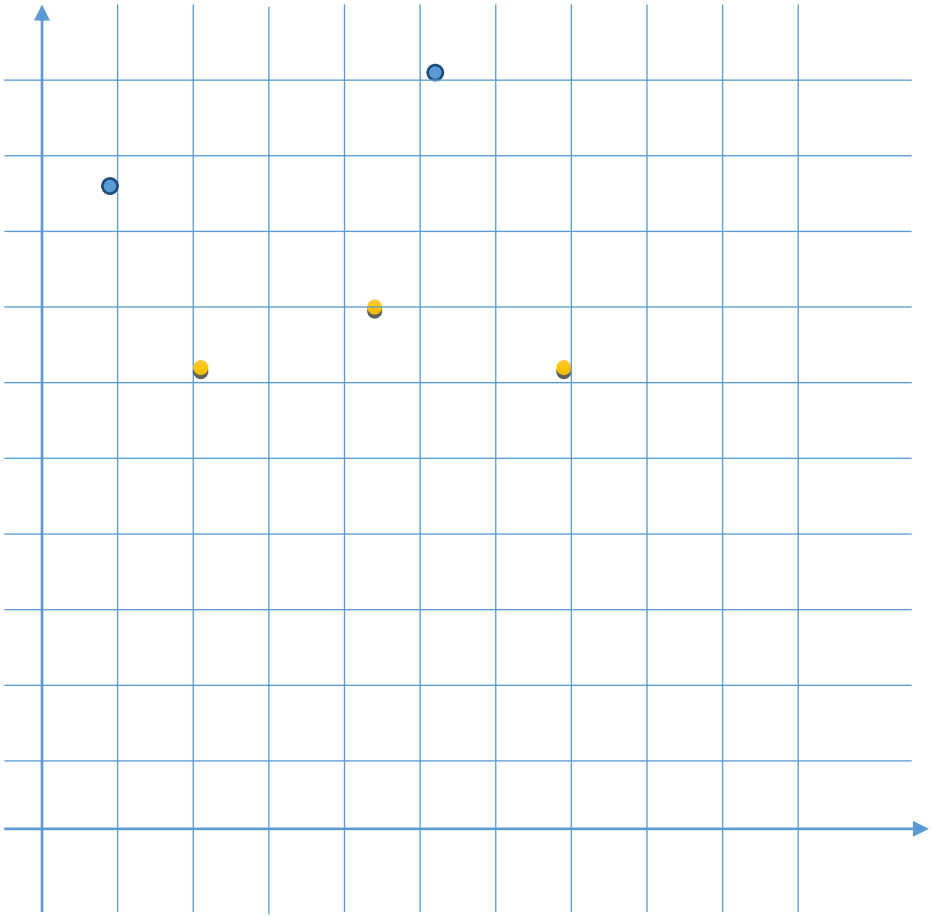
۳۰ کروموزوم تولید شده با عمل ترکیب قبل از انتقال به نسل بعدی با احتمال $1/n$ جهش می‌یابند. از آن جا که طول کروموزوم‌ها ۶ می‌باشد، احتمال جهش هر کروموزوم $1/۶$ که تقریباً ۱۷ درصد می‌باشد. به احتمال ۱۷ درصد یکی از ژن‌های کروموزوم به صورت تصادفی انتخاب و به یک مقدار تصادفی نیز تغییر می‌یابد.

با در نظر گرفتن محدودیت تعداد نسل‌ها، شماره نسل آخر ۱۰۰ در نظر گرفته می‌شود. نسل صدم نیز تعداد ۳۲ کروموزوم دارا می‌باشد که با محاسبه مقدار *fitness* کروموزوم‌ها و در نظر گرفتن محدودیت‌های قید شده فواصل بین بیمارستان‌ها، بهترین کروموزوم به عنوان راه حل پیشنهادی در نظر گرفته می‌شود.

یافته ها

با در نظر گرفتن دو بیمارستان فعلی در شهر با مختصات (۰/۲۳و۰/۱۸) و (۰/۸۰و۰/۶۱) و همچنین تصادفی در نظر گرفتن بهداشت و قیمت زمین نواحی شهر، مکان‌های پیشنهادی الگوریتم ژنتیک برای احداث

سه بیمارستان (۰/۳۹و۰/۵۳)، (۰/۴۷و۰/۷۸) و (۰/۴۷و۰/۳) می‌باشد. شکل ۶ نمایی از خروجی مسئله را نشان می دهد.



شکل ۶. خروجی الگوریتم با فرضیات تصادفی (نقاط آبی: مکان بیمارستان های قدیم، نقاط قرمز: مکان بیمارستان های جدید)

بحث و نتیجه گیری

امروزه مدیران مشتاق هستند تا دانش نهفته در میان فرآیندها و رفتار مشتریان شرکت و یا سازمان خود را کشف کنند. با یافتن روابط میان حجم انبوهی از اطلاعات سازمان، آن‌ها قادر خواهند بود شناخت بهتری نسبت به سیستم خود پیدا کنند. همچنین مدیریت منابع سازمان، منابع انسانی و آینده نگری سیستم بهتر از پیش اتفاق خواهد افتاد. از جمله مسائلی که در سازمان‌ها وجود دارد تصمیم گیری‌های مهم و وجود فاکتورهای متعدد برای این امر است. از طرفی زمانی که بی شمار انتخاب برای سازمان وجود دارد کار بسیار دشوارتر خواهد شد. مسئله مورد بررسی احداث بیمارستان در یک شهر با بی‌نهایت نقطه امکان احداث از جمله این مسائل است. فاکتورهای متعددی مانند سطح بهداشت، بار مراجعه و قیمت زمین از جمله موارد مهم در این تصمیم گیری (در این مقاله) به شمار می‌روند که البته مدل پیشنهادی بنا به شرایط در هر شهر با داشتن فاکتورهای تأثیرگذار، قابل بازنویسی می‌باشد.

در مواقعی که تعداد پارامترهای مورد نظر برای حل یک مسئله زیاد می‌شود و در عین حال بی‌نهایت راه حل برای آن وجود دارد، انسان از عهده حل چنین مسئله‌ای به روش ساده ریاضی بر نمی‌آید. الگوریتم‌های بهینه سازی در چنین مواقعی برای یافتن بهترین راه حل با در نظر گرفتن تمامی ویژگی‌های مورد نظر به کمک انسان می‌آیند. الگوریتم ژنتیک که یک الگوریتم بهینه سازی قدرتمند است با تولید مثل بر اساس اصل تکاملی به تولید نسل‌های بهتر پرداخته و در یک فضای جستجوی بزرگ با پردازش موازیِ چندین راه حل به جستجو می‌پردازد. همین ویژگی این الگوریتم باعث می‌شود تا در راه حل بهینه محلی متوقف نشود و با بررسی کلی فضای جستجو به بهترین راه حل در کل فضای جستجو که همان بهینه سراسری است دست یابد.

مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن سه ویژگی و فرض اهمیت یکسان دو ویژگی سطح بهداشت و بار مراجعه و اهمیت بیشتر قیمت زمین به دنبال راه حل بهینه می‌گردد. بسته به شرایط خاص یک شهر و همچنین نظرات متفاوت تیم مدیریتی، ویژگی‌ها و فاکتورهای متعدد دیگری را می‌توان در نظر گرفت. همچنین تعداد بیمارستان‌های احداثی قابل تغییر می‌باشد که تنها کافی است ساختار شش ژنیِ کروموزوم‌ها با افزایش تعداد بیمارستان‌ها افزایش و با کاهش تعداد بیمارستان‌ها کاهش یابد. همچنین از آن جا که تعداد بیمارستان‌های فعلی بسته به شرایط هر شهر متفاوت است، می‌توان ورودی‌های الگوریتم را برای تعداد و مختصات‌های مختلف بیمارستان‌های فعلی تغییر داد.

با توجه به اهمیت محل احداث بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی درمانی در سطح شهر و وجود فاکتورهای زیادی برای تصمیم گیری و انتخاب محل مناسب آن‌ها، استفاده از راهکارها و الگوریتم‌هایی که بتوانند بهترین راه حل را از میان بی شمار راه حل در فضای جستجوی محدود و در مدت زمان اندک بیابند، اجتناب ناپذیر است. به دلیل این که انسان به تنهایی و با روش‌های ساده ریاضی قادر نخواهد بود تمام ویژگی‌ها را در کنار هم و به طور همزمان در نظر بگیرد، فضای جستجو را بررسی کند و بهترین نتیجه را بیابد، با تنظیم پارامترهای الگوریتم ژنتیک و با درنظر گرفتن فاکتورهای مهم و تأثیرگذار به بهترین راه حل در فضای شهر دست یافتیم.

Refrences

1. Behbahani, S., Karimi, M., “Data mining Applications”, MED & LAB engineering magazine, No 131, 2012.

2. Bagheri, F., Vafadar, Sh., “Shopping basket analysis and customer loyalty”, The 7th International Conference on Information and Knowledge Technology, Urmia University, 2015.

3. Malekmohammadi, S., Ghazanfari, M., Alizadeh, S., Fathollah, M., “Customer segmentation in the export of garments based on clustering algorithms”, IRANIAN JOURNAL OF TRADE STUDIES (IJTS), No 56, 59-86, 2008.

4. Witten, I.H., Frank, E., “*Data mining: Practical machine learning tools and techniques*” (2nd ed.), USA: Morgan Kaufmann Publishers (2005).

5. F. Bagheri, M. Ziaratban, “Behavior prediction for insurance costumers by using the genetic algorithm”, the 7th Iran Data Mining Conference / IDMC 2013, Dec. 10, 11 / 2013.

6. Mitchel M, "An introduction to genetic algorithms", MIT Press, (1999).

7. Paredis J., "The symbiotic evolution of solutions and theirrepresentations". Pages 359-365 of: Eshelman, L. (ed), Proceedings ofthe sixth international conference on geneticalgorithms. San Mateo, CA:Morgan Kaufmann,1995.

8. Reeves, C.R., 1997. "Genetic algorithms for the operations researcher". *INFORMS Journal on Computing;* 9:231–50.

9. Reeves, C., Glover F, Kochenberger. "Handbook of metaheuristics." *Dordrecht: Kluwer Academic Publishers*; p. 55–82,2003.

10. Bean, J.C., "Genetics and random keys for sequencing and optimization". *ORSA Journal on Computing*;6:154–60, 1994.

11. Odojima, K, Hayashi, Y, Tianxia, G, Setinio, R, "Greedy rule generation from discrete data and it's use in neural network rule extraction", Neural network, Vol 21, pp 1020-1028, 2008.

12. Afshar M, Setoodeh M. “Optimal Design of Sewer Networks Using Genetic Algorithm”, International journal of industrial engineering & production research; 19 (2):37-48, 2008.

13. Mousazadegan H, Zegordi S. “A new model for solving cost- oriented assembly line balancing problem”, International journal of industrial engineering & production research; 19 (1) :15-25, 2008.

14. Seyed-Hosseini S, Heydari R, Heydari T. “Solving Urban Bus Terminal Location Problem Using Genetic Algorithm”, International journal of industrial engineering & production research; 20 (3) :75-86,2009.

15. Zafari A, Tashakori S, Yousefi Khoshbakht M., “A Hybrid Effective Genetic Algorithm for Solving the Vehicle Routing Problem”, International journal of industrial engineering & production research; 21 (2) :63-76,2010.

16. Eydi A. “Shortest Path Strategies in Dynamic Guidance of Vehicle Based on Level of Service Criteria- A Hybrid Genetic Algorithm Approach”, International journal of industrial engineering & production research; 21 (3):68-79, 2010.

17. Das P., "Concurrent optimization of multi-response productperformance", Quality Engineering 11 (3), pp.365–368, 1999.

18. Michalewicz, Z., “Genetic Algorithms Data Structures Evolution Programs”, Springer, New York, 1996.

Selecting the most proper location to construct hospitals and health centers in a city by Genetic Algorithm

Fatemeh Bagheri[1], Mehdi Dehghan[2], Majid Ziaratban[3*], Farzaneh Afkhaminia[4]

1. Instructor, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Golestan University, Gorgan, Iran.
2. Student of Computer Engineering, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Golestan University, Gorgan, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Golestan University, Gorgan, Iran.
4. MSc Student in Biostatistics, Student Research Committee, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.

Abstract

Background & Objective: Major management decisions in organizations not only in the present but also in the future have a profound impact on different aspects of the organization. A slight mistake in making decisions may lead to the loss of resources of the organization, including financial and human resources. In the present study, we evaluated the problem of choosing the most convenient location for the construction of hospitals and health centers as one of the most important issues in the field of health. Regarding the numerous factors in decision making and the myriad of possible solutions to this problem and also disability of human in solving such problems, a genetic optimization algorithm has been used to calculate the best location for the construction of hospitals.

Methods: This study was simulated according to the actual conditions which may exist in a city. Given the existence of a city with N × N dimensions and having several hospitals and health centers in the city, the issue was raised for the construction of three hospitals. Important factors which could influence the decision making were health status, referring times and land prices. Furthermore, the most proper locations for the construction of three hospitals were calculated using the genetic algorithm.

Results: Three characteristics including the level of health, referring times and land prices were randomly assigned to all urban areas. The coordinates of available health centers in the city were also identified. Another point was the lack of proximity of hospitals in the city. Setting the threshold of 0.2 units for the minimum distance between hospitals (current and new), this restriction was applied. After performing the algorithm with the governing conditions, three optimal points were found.

Conclusion: Considering the importance of locations for the construction of hospitals and health centers in the city and the existence of various factors for selecting the most appropriate place, application of strategies and algorithms which may be helpful in finding the best solution among the myriad of solutions in inevitable. According to the fact that human beings alone or by simple mathematical methods are not capable of taking all the features together and examine the search space to find the best result, we achieved the best solution in the city by setting the parameters of the genetic algorithm and taking into account all important factors.

Key words: Optimization issues, Genetic Algorithm, Finding the best location, Health centers construction

Corresponding Author: Majid Ziaratban
Address: Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Golestan University, Gorgan, Iran.
E-mail: m.ziaratban@gu.ac.ir