Archive of SID

نشریه علمی - پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره هشتم، شماره ۲، آذر ماه ۱۳۹۷

ارائه یک روش ترکیبی برای بهینه‌سازی مکانی مقید کاربری‌های شهری با هدف کاهش ناسازگاری بین آنها

سارا بهشتی فر[*1]، عباس علیمحمدی[2]

[1] استادیار دانشکده عمران - دانشگاه تبریز
sara_beheshtifar@yahoo.com

[2]دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
alimoh_abb@yahoo.com

(تاریخ دریافت شهریور ۱۳۹۶، تاریخ تصویب اردیبهشت ۱۳۹۷)

چکیده

توجّه به سازگاری بین کاربری های شهری، یکی از موارد مهم در بهینه سازی مکانی آنها بشمار می آید. رایجترین روش کاهش اثرات منفی کاربری های ناسازگار بر روی یکدیگر، حفظ فاصله ای معین بین آنها می باشد. لزوم بررسی حجم بالایی از اطلاعات در بهینه سازی مکانی کاربری ها و محدودیت های روش های دقیق از یک سو و وجود اهداف و معیارهای متعدد در این مسائل از سوی دیگر، توجّه محققان را به استفاده از روش های فرا ابتکاری چندهدفه در حل آنها معطوف ساخته است. در این روش ها امکان مواجهه با انواع قیود نیز وجود دارد.

در این پژوهش، روشی ترکیبی برای مواجهه با قیود فاصله در مسأله بهینه سازی مکانی چندین کاربری پیشنهاد شده است. برای این منظور از نوعی الگوریتم ژنتیک چندهدفه برای بهینه سازی توابع هدف شامل بیشینه سازی تناسب سایت ها و بیشینه سازی سازگاری کاربری ها و از روش شبیه سازی تبرید برای ترمیم پاسخ ها بمنظور رعایت قیود استفاده گردیده است. قیود مذکور برای حفظ حداقل فاصله مجاز بین انواع کاربری ها وارد مسأله بهینه سازی شده اند.

نتایج تحقیق نشان می دهد که بکارگیری روش پیشنهادی با ترمیم و بهبود پاسخ ها می تواند تا حد زیادی در حفظ فاصله معین بین کاربری ها و در نتیجه کاهش ناسازگاری بین آنها در چیدمان های مختلف مؤثر باشد. در این روش برای هر یک از پاسخ های غیر مجاز، چندین جایگزین تولید می شود که می توان از میان آنها نزدیکترین پاسخ مجاز به پاسخ اصلی با بهترین مقادیر توابع هدف را انتخاب نمود.

واژگان کلیدی: سازگاری کاربری ها، بهینه سازی چند هدفه مقید، شبیه سازی تبرید، الگوریتم ژنتیک

* نویسنده رابط

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

امروزه در شهرهای مختلف جهان تلاش هایی برای رسیدن به توسعه پایدار صورت می گیرد و سعی می شود معیارهای مطرح در شهر پایدار از جمله توجّه به سازگاری و وابستگی کاربری های نزدیک هم، تناسب محل و تراکم در بهینه سازی مکانی آنها مد نظر قرار گیرند[۱]. بدلیل تنوع بالای کاربری های شهری و لزوم توجّه به معیارهای متعدد و در نتیجه پیچیدگی برنامه ریزی و بهینه سازی مکانی کاربری ها، در مطالعات متعددی که در این راستا صورت گرفته، از الگوریتم های فرا ابتکاری همچون الگوریتم ژنتیک[۱] استفاده شده است[۱-۴]. از آنجائیکه در این مسائل اغلب بیش از یک هدف برای بهینه سازی وجود دارد، این مطالعات به سمت روش های بهینه سازی چندهدفه سوق یافته اند [۲, ۴-۷].

یکی از معیارهای مهم در برنامه ریزی کاربری ها و تعیین مکان هریک، توجّه به فواصل آنها از سایر مراکز و کاربری ها اعم از همسان یا ناهمسان می باشد. منظور از مراکز همسان در این تحقیق، مراکزی هستند که خدمات یکسان ارائه می کنند. بعنوان نمونه، دو دبستان دخترانه مراکز همسان در نظر گرفته می شوند. در خصوص مراکز همسان، حفظ فاصله ای معین بین مراکز می تواند بمنظور توزیع متوزان مراکز همسان در منطقه، جهت نیل به هدف عدالت دسترسی فضایی شهروندان به تسهیلات مد نظر قرار گیرد[۸]. در خصوص مراکز ناهمسان، معمولاً حفظ فاصله جهت کاهش ناسازگاری بین مراکز مطرح می شود. در تعیین مکان استقرار مراکز و کاربری های مختلف، سعی می شود مراکزی در نزدیکی هم قرار گیرند که با یکدیگر هماهنگی و سازگاری داشته باشند و مزاحمت و ممانعتی برای فعّالیت همدیگر بوجود نیاورند [۲و۸]. رایجترین روش برای کاهش اثرات منفی مراکز و کاربری های ناسازگار بر روی هم، حفظ فاصله ای معین بین آنهاست [۹]. لذا مناطقی که تحت تأثیر یک کاربری بخصوص قرار می گیرند، تعیین و حداقل فواصل مجاز بین کاربری‌ها و مراکز مختلف مشخص می شوند. در مطالعات مشابه پیشین، تابعی جهت بیشینه سازی سازگاری کاربری‌ها تعریف شده است [۱، ۲، ۶، ۷]. به این ترتیب با ادامه روند بهینه سازی پاسخ ها به سمتی هدایت می شوند که کاربری های سازگار در نزدیکی همدیگر قرار گیرند، لکن در این روش تضمینی برای حفظ فاصله ای معین بین کاربری های ناسازگار وجود ندارد. برای بر طرف کردن این مشکل می توان حداقل فواصل مجاز بین مراکز را بصورت قید وارد مسأله بهینه سازی نمود. در حالت کلی روش های مواجهه با قیود در اینگونه مسائل بهینه سازی را می توان در چهار دسته قرار داد. این روش ها شامل استفاده از تابع جریمه، قابل قبول نگه داشتن پاسخ ها، تبدیل قیود به توابع هدف و روش های ترکیبی می باشند[۱۰].

پاسخی که کلیه قیود در آن رعایت شده باشد، پاسخ مجاز و در غیر اینصورت پاسخ غیرمجاز تلقی می شود. بسته به شرایط هر مسأله می توان روش مناسبی را برای مواجهه با قیود انتخاب کرد. بعنوان نمونه، روش قابل قبول نگه داشتن پاسخ ها نیاز به شناخت درست مسأله و تشخیص مناطق مجاز برای تولید پاسخ ها دارد؛ به همین دلیل در تمامی مسائل قابل اعمال نیست. در روش تبدیل قیود به توابع هدف، تعداد توابع هدف افزایش می یابد و مسأله بهینه سازی پیچیده تر می گردد. استفاده از روش تابع جریمه در مسائلی که شامل قیود زیاد یا پیچیده هستند، منجر به تولید تعداد بالایی از پاسخ های غیرمجاز می گردد به گونه ای که نسبت پاسخ های غیرمجاز به مجاز بسیار کمتر می شود. در مسأله پیش رو نیز چنین مشکلی وجود دارد. در این تحقیق، با توجه به شرایط مسأله و تعداد قیود فاصله، روش ترکیبی مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور از ترکیب نوعی الگوریتم ژنتیک چند هدفه با شبیه سازی تبرید[۲] برای بهینه سازی و در عین حال ترمیم پاسخ های غیرمجاز و سوق دادن آنها به سمت پاسخ های مجاز، استفاده شده است. وجود بیش از یک هدف بهینه سازی در مسأله پیش رو از یک سو و قابلیت الگوریتم ژنتیک در حل چنین مسائلی از سوی دیگر، دلیل انتخاب الگوریتم ژنتیک چندهدفه برای بهینه سازی بوده است.

با توجّه به ماهیت قیود فاصله بین مراکز ناسازگار و اینکه در بسیاری از موارد با اعمال تغییراتی در مکان مراکز و جایگزین کردن سایت های انتخابی با سایت های

۱ Genetic Algorithm (GA)

۲ Simulated Annealing (SA)

www.SID.ir

Archive of SID

همسایه می توان تا حد زیادی ناسازگاری را کاهش داد، روش شبیه سازی تبرید برای تأمین قیود انتخاب شد. زیرا این روش مبتنی بر حرکت بسمت پاسخ بهینه با بررسی همسایه های پاسخ مورد نظر است.

۲- مکانیابی مراکز مختلف با روش ترکیبی

در این پژوهش هدف تعیین مکان مناسب برای مراکز و کاربری های مختلف شهری با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه با تأکید بر کاهش ناسازگاری بین آنهاست. با توجه به محدودیت فضا برای استقرار کاربری های جدید در مناطق شهری، فضای حل مسأله گسسته بوده و انتخاب مکان از بین تعدادی سایت کاندید که پس از غربالگری اولیه بدست آمده اند، صورت می گیرد. نظر به اینکه حفظ فاصله ای معین بین برخی از مراکز جهت کاهش ناسازگاری ضروری است، حداقل فاصله مجاز بین آنها بعنوان قیود مسأله بهینه سازی مکانی در نظر گرفته شده اند. فاصله ی کمتر از این مقدار بین مراکز باعث می شود که مراکز مورد نظر مانع یا مزاحم عملکرد یکدیگر شوند. در الگوریتم ژنتیک پیاده سازی شده هر ژن از کروموزوم بیانگر مکان یک مرکز است و کروموزومی مجاز محسوب می شود که حداقل فاصله تعیین شده بین هر زوج مرکز در آن حفظ شده باشد. با توجه به اینکه تولید تصادفی جمعیت اولیه و همچنین بازتولید جمعیت با عملگرهای معمول، اغلب منجر به تولید کروموزوم های غیرمجاز می گردد، در این پژوهش، روشی مبتنی بر الگوریتم SA برای ترمیم کروموزوم های غیرمجاز در بهینه سازی مکانی پیشنهاد شده است.

۳- روش های مورد استفاده

۳-۱- الگوریتم شبیه سازی تبرید (SA)

الگوریتم SA برای جستجوی جواب‌های موجّه یک مسأله با هدف همگرایی به یک پاسخ بهینه، ابتدا جستجو را از یک جواب اولیه شروع می‌کند و سپس با یک حلقه تکرار به سمت جواب‌های همسایه حرکت می‌کند. اگر جواب همسایه بهتر از جواب فعلی باشد، جایگزین جواب فعلی می شود. در غیر این صورت، برای جلوگیری از افتادن در بهینه محلی، الگوریتم آن جواب را با احتمالی به عنوان جواب فعلی می‌پذیرد و بهینه سازی ادامه می یابد. شبه کد این روش برای یک مسأله کمینه سازی بصورت زیر می باشد [۱۱ و ۱۲].

الف) مقداردهی اولیه

- تولید جواب اولیه x_0
- انتخاب دمای اولیه t_0
- انتخاب دمای نهاییt_f و بیشترین تعداد تکرار N
- تعیین مکانیزم کاهش دما

ب) ارزیابی x_0 و قراردادن $x^*=x_0$

پ) تولید پاسخ همسایه x_i و ارزیابی آن

ت) محاسبه $\Delta= f(x_i)-f(x^*)$، اگر $\Delta<0$ یا $r[0,1)<\exp(-\Delta/t)$ قراردادن $x^*= x_i$ (r یک عدد تصادفی است.)

ث) تعیین دمای جدید (t) بر اساس تابع کاهش دما و تکرار از مرحله پ، در صورتیکه شرط توقف تأمین نشده باشد($t<t_f$ یا $n<N$).

در نسخه های بالاتر SA می توان جستجو را بجای یک نقطه از چند نقطه آغاز نمود.

۳-۲- الگوریتم ژنتیک چند هدفه

الگوریتم ژنتیک، بعنوان روشی جمعیت – مبنا روش مناسبی برای حل مسائل بهینه سازی چندهدفه می باشد. با هر بار اجرای آن مجموعه ای از راه حل ها تعیین می شوند و با تکرار اجرا، راه حل ها بسمت راه حل های بهینه همگرا می گردند. تاکنون روش های متعددی برای بهینه سازی چندهدفه بر مبنای الگوریتم ژنتیک ارائه گردیده است که تفاوت آنها اغلب در نحوه تعریف ضوابط گزینش و توابع برازندگی می باشد [۱۳ و ۱۴]. تمرکز اصلی این پژوهش بر استفاده از الگوریتم SA برای اعمال قیود در الگوریتم های بهینه سازی بوده که روی الگوریتم های متعددی از این نوع الگوریتم ها قابل انجام است. به هر حال از میان این الگوریتم ها، NSGA-II[۱] بدلیل سرعت بالا، وجود نخبه گرایی، عدم نیاز به جمعیت خارجی و سهولت نسبی پیاده سازی انتخاب شد که جزئیات آن در مرجع [۱۳] آمده است. در این روش ابتدا جمعیت اولیه (P_0) بصورت تصادفی تولید می‌شود. برای تولید جمعیت فرزندان(Q_0)، به اندازه N از روش انتخاب مسابقه‌ای و عملگرهای ترکیب و جهش استفاده می‌گردد.

۱ Non-dominated Sorting Genetic Algorithm

www.SID.ir

Archive of SID

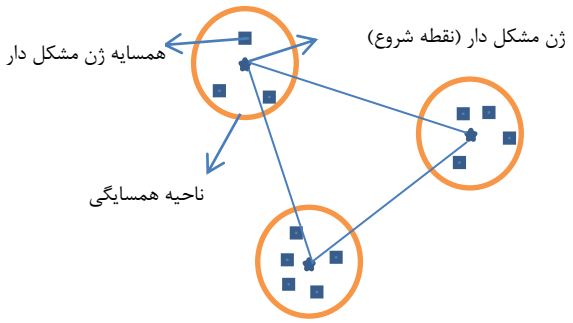
با ترکیب جمعیت های P و Q، جمعیت R با اندازه 2N تشکیل می‌شود($R_t = P_t \cup Q_t$). سپس رتبه‌بندی غیر مغلوب روی آن اعمال و به هر کروموزوم رتبه ای بر اساس مقدار برازندگی اختصاص داده می‌شود. پاسخ هایی که رتبه ضعیفتری دارند، حذف می گردند. در مرحله بعد برای رساندن جمعیت P_{t+1} به N، پاسخ های داخل یک جبهه، براساس فاصله ازدحامی مرتب می شوند و پاسخ های اضافی حذف می‌شوند[۱۳].

۴- روش پیشنهادی

۴-۱- ترکیب الگوریتم NSGA_II و SA برای تأمین قیود فاصله در مسأله مکانیابی

در این قسمت روش ترکیبی پیشنهادی برای حل مسأله بهینه سازی مکانی مقید بیان شده است که در آن الگوریتم NSGA_II برای بهینه سازی توابع هدف و الگوریتم SA برای برقرار نمودن قیود، بکار رفته است. پس از تولید جمعیت اولیه و محاسبه مقادیر توابع هدف برای کروموزوم های مجاز، کروموزوم های غیر مجاز مشخص و وارد الگوریتم مربوط به ترمیم کروموزوم می شوند. این کروموزوم ها پس از ترمیم و تبدیل به کروموزوم های مجاز مجدداً به فرایند بهینه سازی باز می گردند. در این روند فرض بر این است که بدترین کروموزوم مجاز از نظر توابع هدف بر بهترین کروموزوم غیر مجاز، اولویت دارد. روال کلی این نوع بهینه سازی مقید در ضمیمه ۱ ارائه شده است.

در الگوریتم SA بکار رفته در این تحقیق، چند نقطه شروع و برای هر کدام چند حرکت (بررسی بیش از یک همسایه) در نظر گرفته شده؛ سایت هایی که تا فاصله معینی از سایت انتخابی قرار دارند، بعنوان همسایه های آن سایت (ژن معیوب) مورد بررسی قرار گرفته اند. SA برای هرکروموزوم غیرمجاز، بطور مستقل عمل می کند و با توجّه به شرایط هر یک به بهبود آنها می پردازد. بدین صورت که پیش از آغاز فرایند بهینه سازی در این مرحله، ابتدا ژن های دارای مشکل شناسایی و بعنوان پاسخ اولیه وارد الگوریتم SA می شوند. منظور از ژن های دارای مشکل، سایت هایی هستند که قیود فاصله بین آنها و دیگر سایت های انتخابی رعایت نشده باشد. تعداد نقاط شروع و تعداد حرکات هر یک به ترتیب با توجّه به تعداد ژن های دارای مشکل و تعداد همسایه های آنها مشخص می شوند. پس از تعیین سایت های دارای مشکل (پاسخ‌های اولیه SA)، مقدار تابع هدف برای هر یک از کروموزوم ها در الگوریتم SA محاسبه می شود. مقدار تابع هدف برای هر کروموزوم در این الگوریتم برابر میزان تخطّی آن با توجّه به قیود مختلف فاصله می باشد که بصورت مجموع وزندار تخطّی ها در نظر گرفته می شود. فرض کنیم لازم است بین دو کاربری حداقل ۱۰۰ متر فاصله وجود داشته باشد، اگر این میزان فاصله بین سایت‌ها رعایت نشده باشد یعنی در قید مربوطه تخطی وجود دارد و وزن تخطی متناسب با میزان تفاوت فاصله موجود با ۱۰۰ متر خواهد بود. این تابع هدف، یک تابع کمینه سازی بوده و مقدار ایده آل آن صفر می باشد. بعنوان نمونه، برای کروموزومی که در آن قید فاصله بین سه ژن رعایت نشده بهمراه همسایه های آن ژن ها در شکل۱ بصورت شماتیک نشان داده شده است. چنانکه در شکل۱ نیز مشاهده می شود، ممکن است تعداد همسایه‌های ژن های مختلف در یک فاصله معین، برابر نباشند.



شکل۱- نمایش شماتیک ژن های دارای مشکل بهمراه همسایه ها

بدلیل تنوع کاربری ها و همچنین محدود بودن فضای شهری، ممکن است رعایت کلیه قیود فاصله بین کاربری‌ها غیرممکن باشد. از طرفی عملاً در فضای شهرهای بزرگ نمونه های فراوانی از عدم رعایت این فواصل وجود دارد. به همین دلیل بر خلاف معمول، پاسخ هایی که کلیه قیود در آنها رعایت نشده است نیز وارد فرایند بهینه سازی می شوند. این پاسخ ها، پاسخ هایی هستند که با SA ترمیم نشده اند. لیکن اولویت با پاسخ هایی است که قیود فاصله در آنها رعایت شده باشد.

۴-۲- ترمیم کروموزوم با استفاده از روش SA

مراحل مختلفی که برای ترمیم کروموزوم‌های غیر مجاز با استفاده از الگوریتم **SA** در این پژوهش انجام شده، بصورت زیر می باشند:

www.SID.ir

Archive of SID

- شناسایی ژن (های) مشکل دار کروموزوم های غیر مجاز
- تعیین همسایه های ژن (های) مورد نظر بر حسب فاصله
- ایجاد پاسخ های جدید با استفاده از همسایه ها
- محاسبه میزان تخطّی پاسخ های جدید
- اگر کلیه پاسخ های جدید دارای تخطّی باشند، پاسخ با کمترین تخطّی جایگزین پاسخ اصلی می شود.
- اگر تنها یک پاسخ مجاز تولید شده باشد، جایگزین پاسخ اصلی می شود.
- اگر بیش از یک پاسخ مجاز تولید شده باشد، مقادیر توابع هدف برای پاسخ های مجاز محاسبه می شوند. پاسخ های نامغلوب مجاز تعیین و هر کدام تفاوت کمتری با پاسخ اولیّه دارد، جایگزین آن می شود.

۵- پیاده‌سازی روش پیشنهادی برای یک مطالعه موردی

۵-۱- شرایط مسأله نمونه

برای بررسی کارایی روش پیشنهادی، تعیین مکان مناسب برای استقرار سه نوع مرکز شامل دبستان، پارک و درمانگاه مد نظر قرار گرفت. بهینه سازی مکانی بر اساس دو هدف بیشینه سازی تناسب و بیشینه سازی سازگاری انجام می شود. منطقه مورد مطالعه، بخشی از منطقه ۱۷ تهران با جمعیت حدود ۴۰۰۰۰ نفر می باشد. در این قسمت از منطقه، در زمان جمع آوری داده ها، مراکز خدماتی مذکور وجود نداشتند. تعداد مراکز با توجّه به مجموع نیاز به هر یک از خدمات در منطقه و اطلاعات بدست آمده از مطالعات پیشین در مورد پوشش تقاضاها توسط هر یک از مراکز تعیین گردید. بعنوان نمونه، هر درمانگاه حداکثر ۴۰۰۰ خانوار را پوشش می دهد [۸] که با توجّه به سکونت حدود ۸۰۰۰ خانوار در منطقه مورد مطالعه، حداقل دو درمانگاه مورد نیاز است. تعداد دبستان و پارک به ترتیب برابر شش و دو در نظر گرفته شدند. درکروموزوم تشکیل شده، ژن‌های یک تا شش مکان استقرار دبستان‌ها، ژن‌های هفت و هشت مکان پارک‌ها و ژن‌های نه و ده مکان درمانگاه‌ها را مشخص می‌کنند.

پس از تعیین عوامل مؤثر در تناسب مکانی مراکز انتخابی (دبستان، پارک و درمانگاه)، لایه های اطلاعاتی مربوطه تهیه گردیدند [۲۱-۱۵]. این عوامل شامل مراکز صنعتی، فرهنگی، تجاری، ورزشی، فضاهای سبز و خیابان-ها بودند.

با توجّه به کاربری فعلی قطعات ملکی، سایت های اولیه که امکان استقرار مرکز جدید در آنها وجود دارد، مشخص شدند. سپس لایه های اطلاعاتی مربوط به عوامل محدودکننده ترکیب و سایت های واقع در مناطق دارای محدودیت حذف گردیدند. زیرا برخی از عوامل باعث ایجاد محدودیت یا مانع فعالیت مرکز انتخابی می شوند. برای به این ترتیب با غربالگری اولیه، فضای جستجو کاهش یافت و سایت های کاندید مشخص شدند. سپس نقشه های فاکتور تهیه و تلفیق گردیدند. به این ترتیب که بر اساس اهمیت نسبی هر یک از عوامل مؤثر در مکانیابی مرکز مورد نظر، وزنی برای هر عامل تعیین شد. سپس نقشه های مربوط به این عوامل با دخالت دادن وزنشان با یکدیگر ترکیب شدند. در پایان این مرحله، هر یک از مکان های کاندید، دارای یک مقدار تناسب برای استقرار هر یک از انواع مراکز شدند. بعنوان نمونه، برای سایت شماره یک، میزان تناسب برحسب درصد برای استقرار دبستان، پارک و درمانگاه به ترتیب برابر ۰/۶۲، ۰/۵۶ و ۰/۳۳ بدست آمد (شکل۲).

مقدار تابع هدف تناسب برای هر پاسخ از مجموع تناسب سایت های انتخابی در آن پاسخ بدست می آید. در رابطه ۱، n تعداد سایت ها و Si میزان تناسب سایت i ام برای مرکز انتخابی آن است.

$$Maximise\ F1 = \left(\left(\sum_{i=1}^{n} S_i\right)\right) \qquad (۱)$$

تابع هدف سازگاری با توجه به میزان سازگاری هر زوج از مراکز تعریف شد. زوج پارک - دبستان کاملاً سازگار و سایر زوج ها نسبتاً ناسازگار در نظر گرفته شده‌اند [۲۲]. با توجّه به فاصله بین دو مرکز و میزان سازگاری آنها با یکدیگر یک مقدار کمّی تعیین و در محاسبه تابع استفاده شد (com). این مقدار در رابطه ۲ برای زوج کاربری t و r با com_{tr} نشان داده شده است. m تعداد انواع کاربری ها، P تعداد کاربری نوع i و Q تعداد کاربری نوع j می باشد.

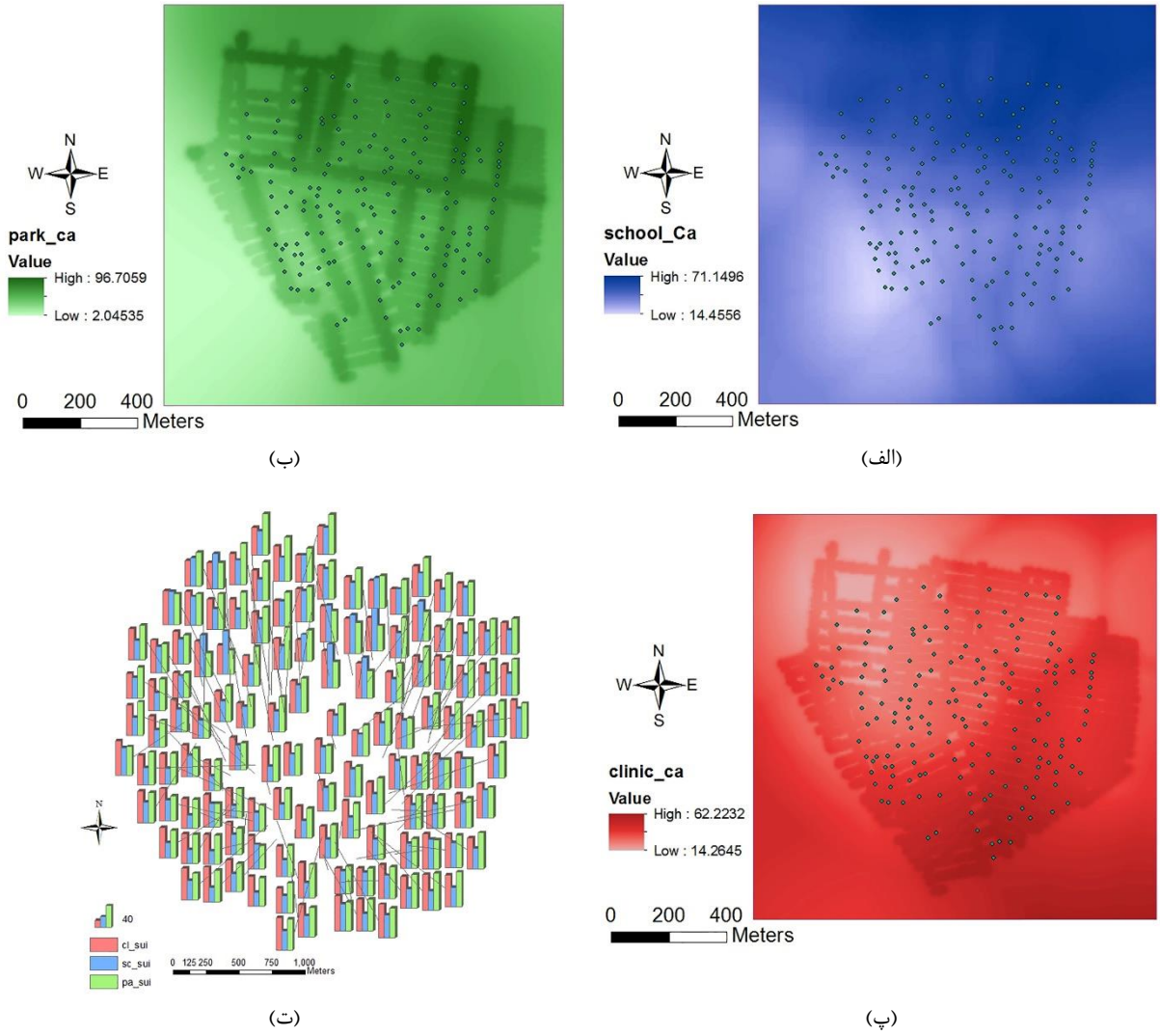
$$Maximize\ F2 = \sum Cij \qquad i=1:m,\ j=i:m$$
$$C_{ij} = \begin{cases} \sum_{t=1}^{P-1}\sum_{r=t+1}^{P} Com_{tr} & i = j \\ \sum_{t=1}^{P}\sum_{r=1}^{Q} Com_{tr} & i \neq j \end{cases} \qquad (۲)$$

هر چه میزان سازگاری مراکز با یکدیگر بیشتر باشد، مقدار بهتری برای تابع هدف سازگاری بدست می آید.

www.SID.ir

Archive of SID

لکن هیچ تضمینی برای رعایت فاصله مجاز بین مراکز وجود ندارد. با توجه به نحوه تعریف تابع مذکور، ممکن است سازگاری کمتر برخی از مراکز با سازگاری بیشتر سایر مراکز جبران شود.



شکل۲- نقشه های مربوط به میزان تناسب سایت های کاندید برای الف) دبستان، ب) پارک، پ) درمانگاه، ت) سه نوع مرکز (دبستان، پارک و درمانگاه به ترتیب با رنگهای آبی، سبز و قرمز)

۵-۲- بررسی قیود فاصله

حالت های مختلفی که برای تأمین قیود فاصله بین هر زوج از مراکز باید در نظر گرفته شوند، در جدول۱ نشان داده شده اند. در بررسی قیود سه نوع مرکز شامل دبستان (Sc[1])، پارک (P[2]) و درمانگاه (C[3]) مورد بررسی قرار گرفته اند. مطابق جدول۱، در هر پاسخ برای مسأله، لازم است پنج نوع فاصله بین مراکز مختلف حفظ شوند. بجز مورد دبستان-پارک، لازم است برای هر جفت مرکز، قیدی تعریف شود. با افزایش تعداد مراکز، تعداد قیود نیز افزایش می یابند.

جدول ۱- قیود فاصله بین هر زوج از کاربری ها

	دبستان (Sc)	پارک (P)	درمانگاه (C)
دبستان (Sc)	Sc-Sc	-	Sc-C
پارک (P)	--	P-P	P-C
درمانگاه (C)	Sc-C	P-C	C-C

بعنوان مثال، در خصوص شش دبستان برای هر پاسخ، ۱۵ قید فاصله بین آنها (*Sc-Sc*) طبق رابطه ۳ باید در نظر

۱ School
۲ Park
۳ Clinic

www.SID.ir

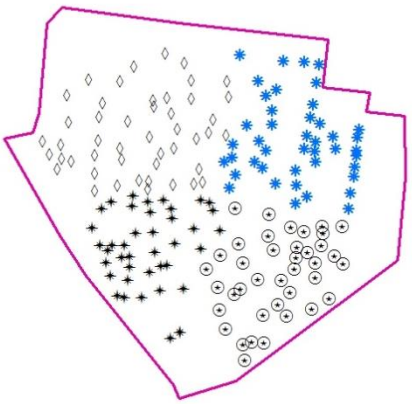
Archive of SID

گرفته شود. *Nsc-sc* تعداد قیدهای فاصله مربوط به دبستان ها و *ns* تعداد دبستان ها می باشد.

$$Nsc\text{-}sc=\sum_{i=1}^{ns-1} i \qquad (۳)$$

۵-۳- بررسی تأثیر تولید جمعیّت اولیّه مکانی

در حالت معمول در الگوریتم های مبتنی بر GA، جمعیت اولیّه بطور کاملاً تصادفی تولید می شود. در اینصورت احتمال تولید پاسخ هایی که در آنها قیود فاصله رعایت نشده باشند، زیاد است. در این قسمت جمعیت اولیّه با دو روش تولید شد. در روش اوّل جمعیت اولیه بطور کاملاً تصادفی و در روش دوّم با توجه به محل قرارگیری سایت ها ایجاد گردید. به این ترتیب که در روش دوم جهت افزایش احتمال حفظ فاصله بین کاربری ها، پیش از تشکیل کروموزوم، کلیه سایت ها با توجه به محلشان در منطقه و با استفاده از روش خوشه بندی[۱] K-means، در چهار دسته قرار گرفتند. نحوه انتساب سایت ها به خوشه های مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. ژن های اوّل تا چهارم که به محل دبستان ها مربوط می شوند، به ترتیب به خوشه- های اوّل تا چهارم اختصاص داده شدند. مقدار ژن های پنجم و ششم از میان سایت های واقع در چهار منطقه بطور تصادفی انتخاب شدند. در مورد پارک ها و درمانگاه ها هم که هر کدام دو ژن را به خود اختصاص داده اند، ژن های مربوط به دو مرکز همسان، از دو منطقه متفاوت انتخاب گردیدند. با انتخاب مراکز همسان از مناطق مختلف، احتمال حفظ فاصله بین آنها تا حدی افزایش می یابد.



شکل۳- خوشه بندی سایت های کاندید

۱ Clustering

با در نظر گرفتن تعداد جمعیت و تعداد تکرار در چهار حالت مختلف، زمان صرف شده در این دو روش با یکدیگر مقایسه شدند (جدول ۲). بدلیل اینکه در حالت مکانی، منطقه مربوط به هر سایت بررسی می شود، زمان صرف شده بیشتر از حالت تصادفی است. امّا این تفاوت زمانی چندان قابل توجه نیست. زیرا منطقه هر سایت قبل از بهینه سازی تعیین و به آن منتسب شده است.

جدول۲- مشخصات چهار حالت نمونه برای بررسی تأثیر نحوه تولید جمعیت اولیه

	تعداد جمعیت اولیه	تعداد تکرار	زمان برای تولید جمعیت تصادفی (s)	زمان برای تولید جمعیت مکانی (s)
حالت اول	۱۰۰	۱	۴/۶	۴/۸
حالت دوم	۲۰۰۰	۱	۶۵۰	۶۸۵
حالت سوم	۱۰۰	۵۰	۱۲۵	۱۳۰
حالت چهارم	۱۰۰	۱۰۰	۲۴۱	۲۵۵

۵-۳-۱- باز تولید جمعیت

برای اینکه تأثیر دخالت دادن مکان سایت ها صرفاً در تولید جمعیت اولیه مورد بررسی قرار گیرد، در هر دو حالت مکانی و تصادفی، از عملگرهای تقاطع و جهش یکسان برای بازتولید جمعیت استفاده شد. در عملگر جهش، یک ژن انتخاب و با ژنی جایگزین می شود که شروط فاصله رعایت شوند. در روش دوم ژن های یک تا چهار، هر کدام مربوط به یک منطقه مشخص هستند که هنگام استفاده از عملگر تقاطع یک نقطه ای نیز همین حالت حفظ می شود و با جابجایی مقادیر ژن ها در دو پاسخ مختلف، منطقه ژن تغییر نمی کند. اما این شرایط در خصوص سایر ژن ها صادق نیست و باعث می گردد با ادامه نسل ها تعداد پاسخ های غیرمجاز افزایش یابند. هر یک از حالات مندرج در جدول ۲، ۱۰ مرتبه اجرا شد و با توجّه به تعداد پاسخ های مجاز در اجراهای مختلف، میانگین آنها بدست آمد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول۳- متوسط درصد پاسخ های مجاز در اجراهای مختلف برای هر حالت

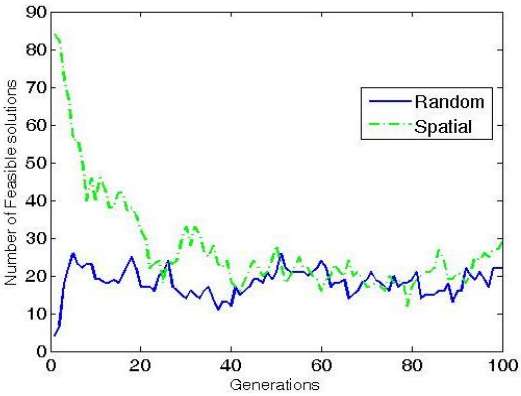
	حالت اول	حالت دوم	حالت سوم	حالت چهارم
تصادفی	۳	۴	۱۹	۲۲
مکانی	۸۱	۸۵	۲۸	۲۹

www.SID.ir

Archive of SID

طبق جدول۳، در حالت های اوّل و دوّم که تنها یک نسل تولید شده است، تعداد پاسخ های مجاز در حالت مکانی بطور قابل توجّهی بیشتر از حالت تصادفی است. امّا با ادامه روند بهینه سازی، در حالت مکانی تعداد پاسخ های مجاز در نسل های بعدی در مقایسه با تعداد آنها در جمعیت اولیه کمتر می شود. زیرا در بازتولید جمعیت، ممکن است ترکیب یک پاسخ مجاز با غیرمجاز و یا حتی ترکیب دو پاسخ مجاز با یکدیگر منجر به ایجاد پاسخ های غیر مجاز گردد.

در روش تصادفی با ادامه بهینه سازی، تعداد پاسخ های مجاز در حالت های سوّم و چهارم افزایش یافته است. هر چند در این حالت ها نیز میزان پاسخ های مجاز در روش مکانی بیشتر از روش تصادفی است. نحوه تغییرات بوجود آمده در تعداد پاسخ های مجاز در ۱۰۰ نسل با جمعیت ۱۰۰ کروموزوم (حالت چهارم)، با تولید و باز تولید تصادفی جمعیت (Random) و تولید مکانی جمعیت اولیه و بازتولید تصادفی آن (Spatial) در شکل ۴ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که می توان در هر تکرار، صرفاً کروموزوم های مجاز نسل قبلی را وارد نسل جدید نمود و برای رسیدن به جمعیت مورد نظر، مجدداً اقدام به تولید کروموزوم های جدید کرد.

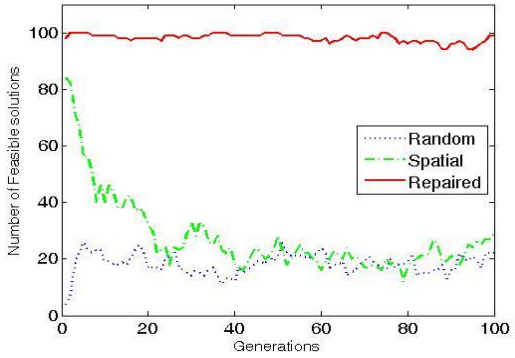


شکل۴- تعداد پاسخ های مجاز در نسل های مختلف با تولید تصادفی و مکانی جمعیت اولیه

در حالت اوّل که تنها یک نسل مورد بررسی قرار گرفته، در روش مکانی بهترین مقدار تابع هدف سازگاری حاصل شده، میانگین مقادیر این تابع برای کل جمعیت نیز در مقایسه با روش تصادفی بهتر بوده است. زیرا توجه به محل هر مرکز در تولید جمعیت اولیه، بر روی فاصله بین مراکز مؤثر بوده و در کل موجب افزایش سازگاری بین آنها گردیده است. مسلماً این مطلب در خصوص تابع تناسب صادق نیست.

۵-۴- نتایج

برای بررسی کارایی روش پیشنهادی، جمعیّت اولیه با توجه به مکان سایت ها تولید و حالت های مندرج در جدول۲، با الگوریتم ترکیبی اجرا گردید. از بین پاسخ های نهایی، در حالات اوّل، دوّم و سوّم کلیّه پاسخ ها و در حالت چهارم ۹۹ درصد آنها مجاز هستند. مقایسه این مقادیر با مقادیر جدول۳ نشان می دهد که تعداد پاسخ های مجاز در روش ترمیم کروموزوم، بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. تعداد پاسخ های مجاز با روش ترمیم کروموزوم در صد نسل در شکل۵ نشان داده شده است. جهت سهولت مقایسه، پاسخ‌های مجاز با بازتولید تصادفی نیز در این شکل ارائه شده‌اند.



شکل۵- تعداد پاسخ های مجاز در باز تولید با ترمیم کروموزوم (Repaired) و بازتولید تصادفی

باید در نظر داشت که SA نیز یک الگوریتم بهینه سازی است و در برخی از موارد، ممکن است مقدار مطلوب برای تابع هدف (صفر) حاصل نشود. بررسی های مختلف نشان داد که افزایش فاصله همسایگی و در نتیجه افزایش تعداد همسایه ها برای هر سایت، رسیدن به پاسخ های مجاز را آسانتر می کند. در مقابل، با وارد شدن همسایه های دورتر به مسأله، ممکن است بین ژن اولیه و ژن جدید که جایگزین آن می شود، فاصله بیشتری وجود داشته باشد. علاوه بر آن، با افزایش تعداد همسایه ها، زمان بهینه سازی نیز بیشتر می گردد. با وجودیکه ترمیم پاسخ ها، باعث می شود زمان رسیدن به بهترین مقدار توابع هدف بیشتر شود، امّا خللی به روند بهینه سازی و دستیابی به پاسخ های نامغلوب وارد نمی نماید.

در ادامه توضیحاتی در مورد ترمیم کروموزوم برای پاسخ شماره ۱۳ (پاسخ اصلی در جدول ۴)، بعنوان نمونه، بیان می گردد (شکل ۶).

www.SID.ir

Archive of SID

شکل۶- جایگزین ۱ برای یک پاسخ نمونه

فاصله درمانگاه سایت شماره ۱۴۲ با دبستان سایت شماره ۱۵۹ و پارک سایت۱۴۰ کمتر از میزان مجاز است؛ بدلیل عدم رعایت فاصله مناسب، این پاسخ غیرمجاز بحساب می آید. به این ترتیب مطابق جدول۱، دو قید فاصله Sc-C و P-C در این پاسخ رعایت نشده اند. برای رعایت این فواصل، جایگزین های مجاز متعددی با تغییر ژن های ۱۵۹، ۱۴۲ و ۱۴۰با همسایه هایشان می توانند ایجاد شوند که تعدادی از آنها در جدول ۴ ارائه شده اند.

جدول۴- جایگزین های ممکن برای پاسخ شماره ۱۳

پاسخ	درمانگاه		پارک		دبستان					
اصلی	۱۴۲	۲۸	۱۴۰	۵۴	۱۲۸	۸۶	۱۰۴	۵۸	۱۵۹	۲۰
جایگزین ۱	۸۲	۲۸	۱۳۹	۵۴	۱۲۸	۸۶	۱۰۴	۵۸	۱۳۸	۲۰
جایگزین ۲	۸۲	۲۸	۱۵۹	۵۴	۱۲۸	۸۶	۱۰۴	۵۸	۱۴۱	۲۰
جایگزین ۳	۸۲	۲۸	۱۶۶	۵۴	۱۲۸	۸۶	۱۰۴	۵۸	۱۵۸	۲۰
جایگزین ۴	۸۲	۲۸	۱۳۸	۵۴	۱۲۸	۸۶	۱۰۴	۵۸	۱۳۹	۲۰
جایگزین ۵	۸۲	۲۸	۱۵۸	۵۴	۱۲۸	۸۶	۱۰۴	۵۸	۱۶۷	۲۰
جایگزین ۶	۱۵۱	۲۸	۷۵	۵۴	۱۲۸	۸۶	۱۰۴	۵۸	۱۵۶	۲۰

با وجودیکه در این پاسخ سه ژن مشکل دار شناسایی شده امّا برای ترمیم کروموزم لازم نیست تمامی آنها تغییر یابند. ممکن است تغییر یک یا دو ژن نیز برای ترمیم کروموزوم کافی باشد. البته تغییر برخی از ژن ها اجباری است. چنانکه ملاحظه می شود، در این مورد بخصوص، در تمامی پاسخ های جایگزین، محل درمانگاه واقع در سایت ۱۴۲ تغییر نموده است. ممکن است برای ترمیم، نوع مرکز واقع در یک سایت عوض شود. بعنوان نمونه، در پاسخ جایگزین ۲، در سایت ۱۵۹، بجای دبستان، پارک مستقر شده است.

در برخی موارد ترمیم کروموزوم باعث بدتر شدن مقادیر توابع هدف در مقایسه با پاسخ اولیّه می شوند. در صورتیکه فقط ترمیم کروموزوم مد نظر باشد، می توان پس از تولید اولین پاسخ مجاز، عملیات ترمیم کروموزوم متوقف کرد. لکن در این پژوهش، بمنظور بهبود عملکرد الگوریتم، برای هر پاسخ غیر مجاز، چندین پاسخ جایگزین تولید شد تا بتوان از بین آنها یکی را انتخاب نمود.

۶- نتیجه گیری

در این مطالعه با بکارگیری همزمان الگوریتم های NSGA_II و شبیه سازی تبرید، کروموزوم های غیرمجاز ترمیم و تا حد ممکن تبدیل به پاسخ های مجاز شدند. این روش امکان تأمین قیود فاصله در مسائل بهینه سازی مکانی را فراهم می آورد و به این ترتیب ناسازگاری بین کاربری ها تا حدی کاهش می یابد. در صورتیکه صرفاً به تعریف تابع بیشینه سازی سازگاری اکتفا شود، تضمینی برای حفظ فاصله معین بین مراکز ناسازگار وجود نخواهد داشت.

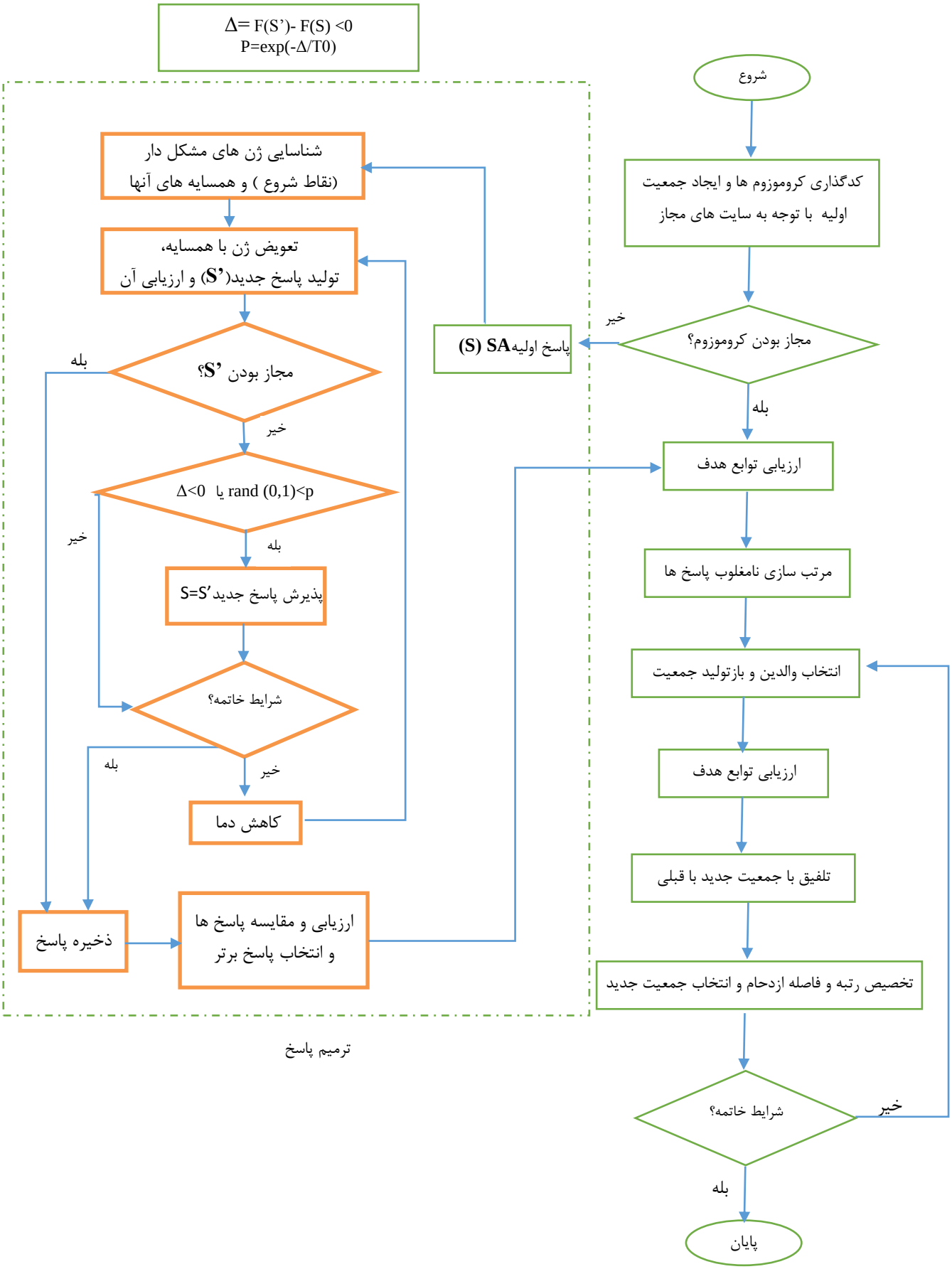
بررسی نتایج نشان داد که افزایش فاصله همسایگی و در نتیجه افزایش تعداد همسایه ها برای هر سایت در **SA**، رسیدن به پاسخ های مجاز را آسانتر می کند. در مقابل، با وارد شدن همسایه های دورتر به مسأله، ممکن است بین ژن اولیه (سایت اولیه) و ژن جدید (سایت) که جایگزین آن می شود، فاصله بیشتری به وجود آید. علاوه بر آن، با افزایش تعداد همسایه ها، زمان بهینه سازی نیز افزایش می یابد.

در نظر گرفتن موقعیت سایت ها و خوشه بندی آنها می تواند نقش مؤثری در تولید جمعیت اولیه مجاز داشته باشد. در صورت استفاده از روش تصادفی برای باز تولید جمعیت، اگرچه با ادامه روند بهینه سازی، مقادیر توابع هدف بهبود می یابند، لیکن از تعداد پاسخ های مجاز در نسل های بالاتر، بطور چشمگیری کاسته می شود که به همین دلیل روش ترمیم کروموزوم با SA مورد استفاده قرار گرفت. استفاده از این روش تعداد پاسخ های مجاز را بطور قابل ملاحظه ای افزایش می دهد. بطوریکه در یک حالت نمونه، که جمعیت اولیه و تعداد تکرار نسل ها برابر ۱۰۰ بوده، تعداد پاسخ های مجاز ۷۰٪ افزایش یافته است.

محدودیت این تحقیق افزایش زمان بهینه سازی با ترمیم کروموزوم ها می باشد. همچنین افزایش تعداد مراکز یا انواع آنها نیازمند تعریف تعداد قیود فاصله بیشتری بوده و مواجهه با آنها در حین بهینه سازی دشوارتر است. در این تحقیق روش ترمیم کروموزوم برای مواجهه با قیود بکار گرفته شد؛ در ادامه سایر روش ها همچون قابل قبول نگه داشتن پاسخ ها و تبدیل قیود به توابع هدف برای این مسأله مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID



ضمیمه۱- مراحل بهینه سازی مقید پیشنهادی

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

[1] R. Handayanto, N. Tripathi, S. Kim, and S. Guha, "Achieving a Sustainable Urban Form through Land Use Optimisation: Insights from Bekasi City's Land-Use Plan (2010–2030)," Sustainability, vol. 9, no. 2, p. 221, 2017.

[2] K. Cao, M. Batty, B. Huang, Y. Liu, L. Yu, and J. Chen, "Spatial multi-objective land use optimization: extensions to the non-dominated sorting genetic algorithm-II," International Journal of Geographical Information Science, vol. 25, no. 12, pp. 1949-1969, 2011/12/01 2011.

[3] C.-M. Feng and J.-J. Lin, "Using a genetic algorithm to generate alternative sketch maps for urban planning," Computers, Environment and Urban Systems, vol. 23, no. 2, pp. 91-108, 3/1/ 1999.

[4] K. B. Matthews, S. Craw, S. Elder, A. R. Sibbald, and I. MacKenzie, "Applying Genetic Algorithms to multi-objective land use planning," presented at the Proceedings of the 2nd Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation, Las Vegas, Nevada, 2000.

[5] T. J. Stewart, R. Janssen, and M. van Herwijnen, "A genetic algorithm approach to multiobjective land use planning," Computers & Operations Research, vol. 31, no. 14, pp. 2293-2313, 12// 2004.

[6] Z. Masoomi, M. S. Mesgari, and M. Hamrah, "Allocation of urban land uses by Multi-Objective Particle Swarm Optimization algorithm," International Journal of Geographical Information Science, vol. 27 , pp. 542-566, 2013.

[7] S. Alaei moghadam, M. Karimi , M. Mohammadzadeh, "Modeling of Urban Land Use Allocation Using Reference-Point-Nondominated Sorting Genetic Algorithm II", Journal of Geomatics Science And Technology, vol. 4, no 4, pp. 47-66, 2015.

[8] M. R. Pour-Mohammadi, Urban Land-use Planning (In Persian), 9 ed.: samt, 2013.

[9] "Guide to Provincial Planning Applications", Ministry of Municipal Affairs/Ontario Home Builders Association/ Urban Development Institute, 1993.

[10] L. Jiao, J. Luo, R. Shang, and F. Liu, "A modified objective function method with feasible-guiding strategy to solve constrained multi-objective optimization problems," Applied Soft Computing, vol. 14, Part C, pp. 363-380, 2014.

[11] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi, "Optimization by Simulated Annealing," Science, vol. 220, no. 4598, pp. 671-680, 1983.

[12] V. Cerny, "A thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An efficient simulation algorithm", Journal of Optimization Theory and Applications, Vol. 45, pp. 41–51, 1985.

[13] K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, and T. Meyarivan, "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II," IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 6, no. 2, pp. 182-197, 2002.

[14] A. Konak, D. W. Coit, and A. E. Smith, "Multi-objective optimization using genetic algorithms: A tutorial," Reliability Engineering & System Safety, vol. 91, no. 9, pp. 992-1007,2006.

[15] B. Khakpour, Z. Khodabakhshi, and M. Ebrahimi Ghouzlu, "Site Selection for Medical Centers, Using GIS and Analytical Hierarchy Process (AHP) in District Two of Neyshabour City", Journal of Geography And Regional Development, 10 (19), pp. 1-20, 2013.

[16] R. Gholamhosseini, M. ahadnejad, and A. zolfi, "The Evaluation of Spatial distribution and allocation of urban medical centers using Network Analyst Model (A case study Zanjan city)", vol. 13, pp. 167-180, 2014.

[17] P. Soleimani Moghadam, S. Amanpour, and F. Ghafarzadeh, "The analysis of the spatial distribution of urban land uses in District 3 in Ahwaz with an emphasis on educational uses", Journal of Urban Ecology Researches, Vol. 6, no. 11, pp. 41-58, 2015.

[18] S. Beheshtifar, and A. Alimohammadi, "Survey of Using Multi-Criteria Decision-making Methods and Multi-Objective Optimization for Site Selection of Schools, Case Study: Region 17 of Tehran", Geography and Planning, vol. 19, pp. 49-68, 2015.

[19] R. Farhady Googueh, and A. Parhizkar, "Primary Schools' Spatial Distribution and Locating Them in the Region 6 of Tehran, Using GIS", The Journal of Spatial Planning, Vol. 6, no. 2, pp. 97-117, 2002.

[20] M. Ahmadian, J. Mohammadi, A. Zarrabi, "Assessment the spatial priority of green spaces growth and urban parks using AHP (Case Study: Miandoab city)", Quarterly Journal of Human Geography, 4(2), pp. 41-62, 2012.

[21] T. Parizadi, H. Shaikhi, H. Shaikhi, and M. Ebrahimpoor, "Determine the appropriate location of parks and urban green space by using (GIS) (Case study: 9 district of Mashhad)," Spatial Planning, vol. 2, pp. 111-134, 2013.

[22] M. Taleai ,"Design and development of a GIS-Based Planning Support System for Urban Land Use Externalities Evaluation", PhD Thesis in Geomatics Engineering, K. N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran, 2007.

www.SID.ir