

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL

پروپوزال

مركز آموزش  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



مركز آموزش  
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

کارگاه آنلاین  
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI  
Scopus

مركز آموزش  
آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

## حل مسئله فروشنده دوره گرد با الگوریتم وراثتی و کنترل وفقی

### پارامترها با سیستم استنتاج فازی

علی عزیزی<sup>۱</sup>، فرید کریمی پور<sup>۲</sup>، علی اسماعیلی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم اطلاعات مکانی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و

فناوری پیشرفته کرمان

a.azizi66@yahoo.com

۲- استادیار گروه مهندسی نقشه برداری، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

fkarimipr@ut.ac.ir

۳- استادیار گروه مهندسی سنجش از دور، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

aliesmaieily@knut.ac.ir

مسئله فروشنده دوره گرد، یکی از مسائل پیچیده در بهینه‌سازی ترکیبی است. از اهداف این تحقیق، حل این مسئله با الگوریتم وراثتی، تنظیم پارامترهای الگوریتم و ارزیابی توانایی حل آن با استفاده از الگوریتم وراثتی است. در این مطالعه، برای بهبود روند جستجوی جواب بهینه، پارامترهای نرخ جهش، نرخ همبری و نرخ انتخاب با استفاده از یک استنتاج فازی که یکی از روش‌های کنترل وفقی است، تنظیم می‌شود. سیستم کنترل کننده فازی با توجه به تعداد شهر و شمارنده حلقه تکرار، نرخ انتخاب را مشخص می‌کند و مقادیر نرخ جهش و نرخ همبری با توجه به واریانس مقدار شایستگی جمعیت تعیین می‌شود. چهارچوب پیشنهادی برای مجموعه‌ای از داده‌های شهرهای ایران پیاده‌سازی و ارزیابی شده است. نتایج نشان می‌دهد، در الگوریتم وراثتی تعیین نوع و مقادیر عملگرهای وراثتی مانند جهش، همبری و نرخ انتخاب در روند یافتن جواب و سرعت الگوریتم تاثیر بسزایی دارد. همچنین الگوریتم وراثتی با چهارچوب پیشنهاد شده، به طور میانگین با دقت ۹۲ درصد توانایی یافتن بهترین جواب را دارد که قابلیت بالایی برای حل این مسئله است.

**کلمات کلیدی:** مسئله فروشنده دوره گرد<sup>۱</sup>، الگوریتم وراثتی<sup>۲</sup>، کنترل وفقی<sup>۳</sup>، منطق فازی<sup>۴</sup>

#### ۱- مقدمه

بهینه‌سازی<sup>۵</sup>، یکی از موضوع‌های مهم در زمینه محاسبات نرم و علوم مهندسی است [۱]. بهینه‌سازی فرآیندی است که منجر به بهبود انجام کارها می‌شود و انتخاب بهترین جواب را میسر می‌سازد [۱، ۲]. در مسایل سخت، انتخاب بهترین جواب از طریق ارزیابی تمام جواب‌ها بسیار دشوار و در بعضی موارد، ناممکن است. پارامتر مهم دیگر، زمان لازم برای دستیابی به جواب بهینه می‌باشد. در فرآیند بهینه‌سازی، با تنظیم پارامترهای مسئله، انتخاب بهترین جواب مسئله از بین جواب‌های ممکن در یک زمان قابل قبول میسر می‌شود [۱-۳].

الگوریتم‌های ابتکاری<sup>۶</sup>، جواب‌های نزدیک به جواب بهینه را در یک زمان قابل قبول یافت می‌کنند، با این حال، تضمینی برای پیدا شدن بهترین جواب وجود ندارد [۱، ۳]. از جمله روش‌های مبتنی بر جستجوی ابتکاری می‌توان

الگوریتم وراثتی، الگوریتم جمعیت مورچگان<sup>۷</sup> و الگوریتم ازدحام ذرات<sup>۸</sup> را نام برد. در این مقاله، از ایده الگوریتم وراثتی، برگرفته از طبیعت و نظریه تکامل داروین استفاده شده است.

مسایلی که دارای طبیعت ترکیباتی<sup>۹</sup> هستند بسیار فریبنده‌اند، زیرا بیان آنها بسیار ساده ولی حل آنها اغلب بسیار سخت است. این نوع مسایل دارای متغیرهای گسسته هستند و هدف اصلی آنها، یافتن بهترین ترتیب یا دسته‌بندی است. مسئله فروشنده دوره‌گرد از جمله مسایلی است که دارای طبیعت ترکیباتی و از نوع بهینه‌سازی است. تاکنون الگوریتمی برای حل این مسئله که توانایی بدست آوردن جواب بهینه در یک زمان چندجمله‌ای را داشته باشد ارائه نشده است [۴]. به طور کلی، مسایل NP\_کامل<sup>۱۰</sup> مسائلی هستند که برای آنها، الگوریتمی که توانایی حل آنها را در یک زمان چندجمله‌ای<sup>۱۱</sup> داشته باشد پیشنهاد نشده است، و از نظر محاسباتی به این مسایل، مسایل سخت<sup>۱۲</sup> گفته می‌شود [۱]. اهداف این تحقیق، حل مسئله فروشنده دوره‌گرد با استفاده از الگوریتم وراثتی، انتخاب مناسب اجزای این الگوریتم و ارزیابی توانایی حل این مسئله با استفاده از این الگوریتم است.

پارامترهای الگوریتم وراثتی و نحوه کنترل آن‌ها بر پیدا کردن بهترین جواب تاثیرگذار است. از آنجایی که الگوریتم وراثتی دارای ماهیت تصادفی است، قابلیت تحلیل ریاضی آن دشوار است و در چندین اجرای الگوریتم، ممکن است جواب‌های متفاوتی به دست آید. در این مطالعه، با استفاده از سیستم استنتاج فازی سعی می‌شود، پارامترهای الگوریتم به صورت پویا و در حین اجرای الگوریتم با توجه به واریانس مقدار شایستگی، شمارنده حلقه تکرار و تعداد شهرها به نحوی تعیین شود که احتمال یافتن بهترین جواب در اولین اجرای الگوریتم بالا باشد. با استفاده از کنترل پارامترها و هدفمند کردن مراحل اجرای الگوریتم، احتمال یافتن جواب بهینه در اولین اجرای الگوریتم افزایش یافته است.

بخش دوم این مطالعه، بیان مسئله فروشنده دوره‌گرد می‌پردازد. در بخش سوم، مروری بر کارهای انجام شده در این زمینه ارائه شده است. بخش چهارم، به تشریح مراحل انجام الگوریتم وراثتی، پارامترها و نحوه تعیین پارامترها با سیستم استنتاج فازی می‌پردازد. در بخش پنجم، چهارچوب پیشنهادی برای مجموعه‌ای از داده‌های شهرهای ایران مورد بحث و ارزیابی قرار گرفته است. در نهایت، بخش ششم، شامل نتایج حاصل از تحقیق و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی در این زمینه می‌باشد.

## ۲- بیان مسئله

مسئله فروشنده دوره‌گرد در سال ۱۷۵۹ توسط اویلر به صورت حرکت اسب در صفحه شطرنج بیان شد به نحوی که از تمام نقاط صفحه شطرنج تنها یکبار عبور کند. جواب صحیح برای اسب مسیری بود که از ۶۴ خانه‌ی صفحه شطرنج بدون تکرار عبور کند. هرچند نام این مسئله، فروشنده دوره‌گرد نبود [۴]. اصطلاح فروشنده دوره‌گرد در یک کتاب آلمانی در سال ۱۹۳۲ تحت عنوان فروشنده دوره‌گرد قدیمی به کار برده شد [۴].

مسئله بدین شرح است: تعدادی شهر به همراه راههای ارتباطی و مسافت میان آنها معلوم است. هدف، تعیین گذری با کمترین مسافت برای فروشنده‌ای است که می‌خواهد از شهری که در آن مستقر است، شروع به سفر کرده و از تمامی شهرها دقیقاً یکبار عبور نماید و به شهری که سفرش را از آنجا آغاز کرده است، بازگردد. این مسئله بوسیله یک

گراف جهت‌دار و وزن‌دار کامل به صورت  $G(V,E,W)$  بیان می‌شود که در آن  $V$  شامل مجموعه‌ای از شهرها،  $E$  بیانگر مجموعه از یال‌های ارتباطی بین شهرهاست و به هر یال یک وزن  $W(C_i, C_j)$  که یک عدد مثبت است، نسبت داده می‌شود که بیانگر فاصله مکانی یال متصل کننده شهر  $A_i$  و شهر  $A_j$  است.

### ۳- مروری بر کارهای پیشین

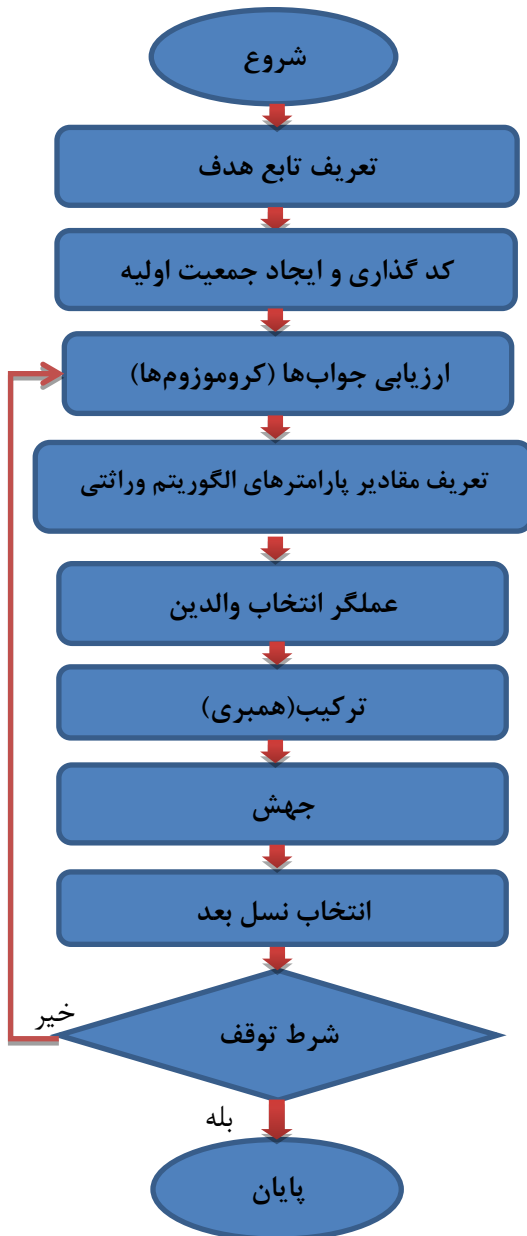
Lawler و همکاران در سال ۱۹۸۵ الگوریتم‌هایی که برای حل مسئله فروشنده دوره‌گرد پیشنهاد شده است، را شرح داده‌اند. Brady در سال ۱۹۸۵ اولین محقق بود که برای حل این مسئله از الگوریتم وراثتی استفاده کرد. Grefenstette و همکاران، Lingle و Goldberg در سال ۱۹۸۵، Oliver و همکاران در سال ۱۹۸۷ و بسیاری محققان دیگر در این زمینه مطالعاتی انجام داده‌اند [۴]. الگوریتم‌های تکاملی دیگری نیز برای حل این مسئله مورد استفاده قرار گرفته است [۵-۷]. همچنین این مسئله برای بسیاری از کاربردها همچون زمانبندی سفر و برنامه‌ریزی تور [۸] توسعه داده شده است.

از سوی دیگر، کنترل کننده‌های فازی که بر مبنای منطق فازی ارائه شده‌اند، از نتایج سیستم‌های استنتاج فازی که توسط ممدانی و آسیلیان ارائه گردیده است [۹]. کنترل کننده‌های فازی از ابزارهای مهم بکارگیری شده در کنترل وقفی پارامترهاست [۱] و در مطالعات بهینه‌سازی، برای کنترل پارامترهای الگوریتم وراثتی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۰، ۱۱].

### ۴- روش پیشنهادی: حل مسئله با الگوریتم وراثتی و کنترل پارامترها با سیستم استنتاج فازی

#### ۴-۱ الگوریتم وراثتی

شکل ۱، نمودار روند اجرای الگوریتم وراثتی را نشان می‌دهد. تابع هدف، همانطور که ذکر شد، یافتن نحوه بازدید از شهرهاست به نحوی که، کمترین مسافت انتخاب شود. اولین گام



شکل ۱ - نمودار الگوریتم وراثتی

از الگوریتم وراثتی، کدگذاری کروموزوم‌ها و ایجاد جمعیت اولیه است. از آنجایی که برنامه‌ریزی سفر نمونه‌ای از مسایل

ترتیبی است و جواب این نوع مسایل وابسته به نحوه ترتیب چینش شهرها در کروموزم است، این مسئله به صورت جایگشتی کدگذاری می‌شود. در اینجا، هر شهر دارای یک شماره خاص از ۱ تا  $n$  است. این شماره‌ها تا پایان اجرای الگوریتم ثابت خواهد ماند [۱].

شکل ۲، بیانگر یک جواب کدگذاری شده به صورت ترتیبی برای فروشنده دوره‌گرد با ۱۲ شهر است که از شهر شماره ۱ شروع شده و به ترتیب از شهرهای با شماره ۹، ۱۰، ۱۱، ۸، ۶، ۴، ۲، ۳، ۵، ۷، ۱۲ گذر کرده و در پایان، به شهر ۱ (شهر آغاز سفر) برگشته است. لازم به ذکر است در این مرحله چینش شهرهای مدنظر کاربر در کروموزم به صورت تصادفی است و شهر تکراری وجود ندارد و طول کروموزم ثابت است. سپس بر این اساس جمعیت اولیه به صورت تصادفی ایجاد می‌شود.

۱	۹	۱۰	۱۱	۸	۶	۴	۲	۳	۵	۷	۱۲
---	---	----	----	---	---	---	---	---	---	---	----

شکل ۲- یک کروموزوم کداگذاری شده به صورت ترتیبی برای ۱۲ شهر

گام دوم، ارزیابی هر کروموزوم با توجه به تابع هدف است. برای این منظور، میزان مسافت هر کروموزوم محاسبه می‌شود. گام سوم، تعیین مقدار پارامترهای الگوریتم وراثتی است که برای آن، از سیستم استنتاج فازی استفاده می‌شود و در بخش ۴-۲ به تفصیل تشریح خواهد گردید. گام چهارم، عملگر انتخاب<sup>۱۳</sup> است. در این مرحله ابتدا کروموزوم‌های با تابع شایستگی بیشتر باقی می‌مانند و بقیه کروموزوم‌ها از جمعیت اولیه کنار گذاشته می‌شود. نرخ انتخاب<sup>۱۴</sup>  $(X_{rate})$ ، معمولا به صورت قراردادی تعریف می‌شود و برای مشخص کردن کروموزوم‌هایی است، که باقی می‌مانند [۲] (رابطه ۱). در این مقاله، سیستم استنتاج فازی با توجه به مرحله تکرار الگوریتم  $X_{rate}$  را مشخص می‌کند.  $Num_{keep}$  جمعیتی است که شایستگی بیشتری دارد و به حوضچه ازدواج<sup>۱۵</sup> فرستاده می‌شود. هدف از این مرحله، انتخاب والدین به تعداد  $Num_{keep}$  -  $Num_{Population}$  برای زاد و ولد است. روش‌های زیادی برای عملگر انتخاب از جمله انتخاب تورنمنت<sup>۱۶</sup>، روش چرخ گردان<sup>۱۷</sup>، انتخاب رتبه‌ای<sup>۱۸</sup> وجود دارد [۱۲]. در این تحقیق، از انتخاب چرخ گردان، که انتخاب متناسب با شایستگی است [۲] استفاده می‌شود.

$$Num_{keep} = X_{rate} * Num_{Population} \quad (1)$$

گام پنجم، عملگر ترکیب<sup>۱۹</sup> است. در این مرحله، برای ساختن نسل بعد، دو کروموزوم از حوضچه ازدواج به عنوان والد انتخاب شده و با عمل همبری دو فرزند تولید می‌کنند. در این مطالعه نرخ همبری ( $P_c$ ) با توجه به تنوع جمعیت توسط سیستم استنتاج فازی مشخص می‌شود. از آنجا که این مسئله به صورت ترتیبی کدگذاری شده است، از روش همبری رتبه<sup>۲۰</sup> استفاده شده است (شکل ۳) [۴].

$$P_1 = \begin{array}{c|cccc} 4 & 7 & 5 & 2 & 3 & 8 \\ \hline 10 & 9 & 1 & 6 & & \end{array} \quad O_1 = \begin{array}{c|cccc} 1 & 10 & 5 & 2 & 3 & 8 \\ \hline 6 & 4 & 9 & 7 & & \end{array}$$

$$P_2 = \begin{array}{c|cccc} 3 & 8 & 6 & 4 & 9 & 7 \\ \hline 1 & 2 & 10 & 5 & & \end{array} \quad O_2 = \begin{array}{c|cccc} 10 & 1 & 6 & 4 & 9 & 7 \\ \hline 5 & 2 & 3 & 8 & & \end{array}$$

شکل ۳- عملگر همبری رتبه

گام ششم، عملگر جهش<sup>۲۱</sup> است. با این عملگر، احتمال همگرایی زودرس و گیر افتادن در بهینه‌های محلی از بین می‌رود. در این مطالعه نرخ جهش ( $P_m$ ) با توجه به تنوع جمعیت توسط سیستم استنتاج فازی مشخص می‌شود. با توجه به رمزنگاری ترتیبی مسئله، عملگر جهش از نوع جابجایی<sup>۲۲</sup> انتخاب شده است: دو شهر از یک کروموزم به طور تصادفی انتخاب شده و موقعیت آن دو تغییر می‌کند [۴]. عملگر جهش از نوع جابجایی در شکل ۴ نشان داده شده است.

	موقعیت اول						موقعیت دوم					
کروموزم قبل از جهش	۴	۷	۵	۲	۳	۸	۱۰	۹	۱	۶		
کروموزم پس از جهش	۴	۷	۱	۲	۳	۸	۱۰	۹	۵	۶		

شکل ۴- عملگر جهش جابجایی

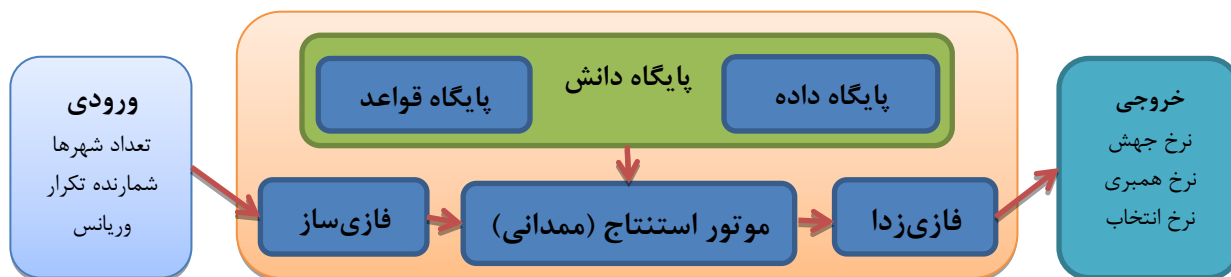
گام هفتم، انتخاب نسل بعد است.  $Num_{keep}$  جمعیتی است که شایستگی بیشتری دارد و مستقیماً به نسل بعد می‌رود و  $Num_{Population} - Num_{keep}$  از روش جایگزینی نسلی<sup>۲۳</sup> استخراج می‌شود. در این روش همه کروموزم‌های نسل والد از بین رفته و کروموزم‌های فرزند جایگزین آن‌ها می‌شود [۱].

این فرآیند، یعنی از گام ۲ تا گام ۷، تا هنگامی که به شرط توقف برسد و جواب قبول ارائه شود، تکرار می‌شود. در پداده‌سازی انجام شده در این مقاله، الگوریتم هنگامی متوقف می‌شود که بهترین جواب در ۱۵۰ تکرار متوالی یکسان باشد، در غیر این صورت بعد از ۲۵۰ تکرار، الگوریتم متوقف می‌شود.

#### ۴-۲ کنترل وفقی پارامترهای الگوریتم وراثتی با منطق فازی

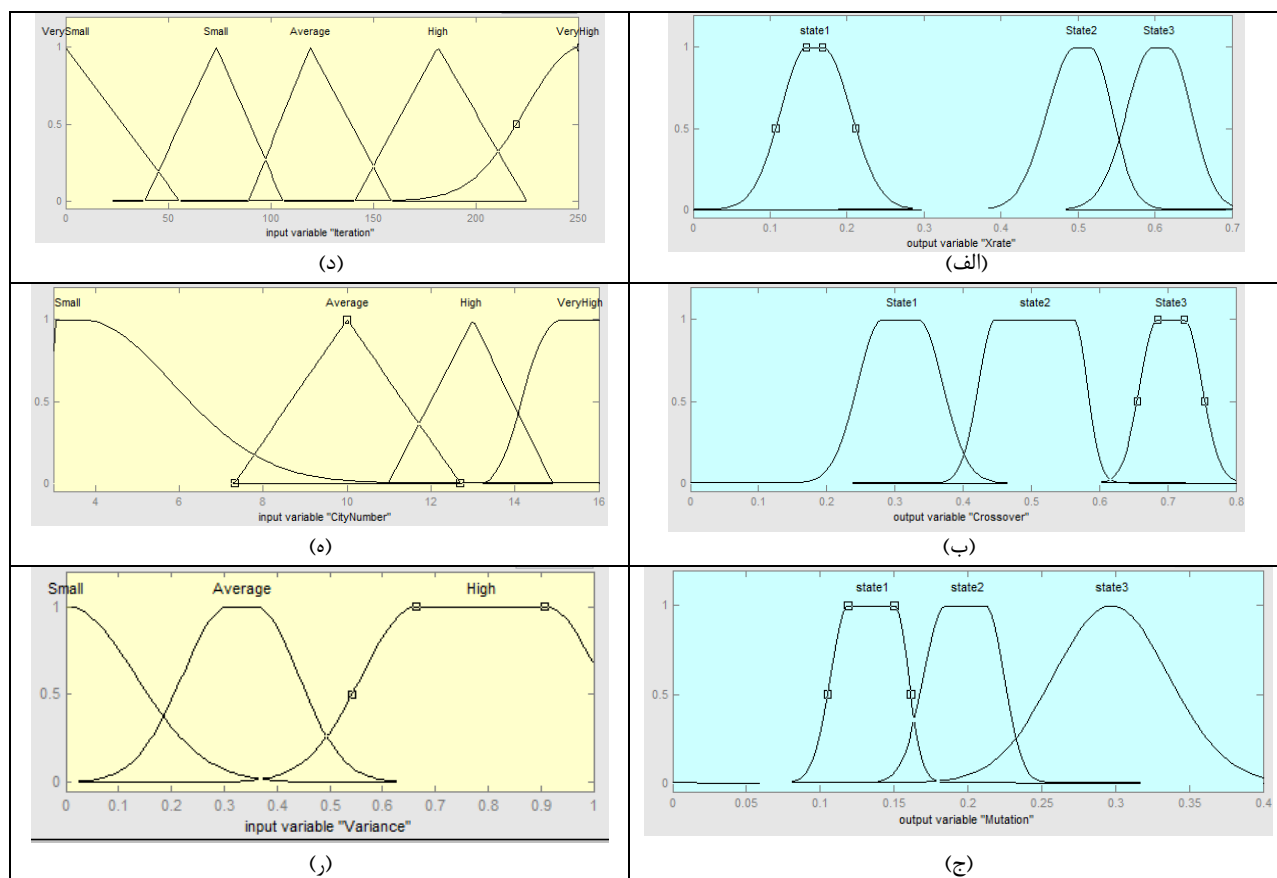
در الگوریتم وراثتی تعیین نوع و مقادیر عملگرهای وراثتی مانند جهش، همبری، نرخ انتخاب، عملگر انتخاب در روند یافتن جواب بهینه و سرعت اجرای الگوریتم تاثیر بسزایی دارند. در یکی از تقسیم‌بندی‌ها، روش‌های تعیین پارامترها به دو دسته تنظیم پارامترها<sup>۲۴</sup> و کنترل پارامترها<sup>۲۵</sup> دسته‌بندی شده است. روش کنترل پارامترها به سه بخش روش‌های قطعی<sup>۲۶</sup>، خودسازگار<sup>۲۷</sup> و وفقی تقسیم‌بندی می‌شود [۱۳]. در روش کنترل وفقی، که در این مقاله از آن استفاده شده است، همواره بر اساس معیارهایی مشخص، کارایی الگوریتم جستجو در هر مسئله معین ارزیابی و با توجه به شرایط پیشرفت الگوریتم، پارامترها تنظیم می‌شوند، چون در این روش تنظیم پارامترها پویا بوده و با توجه به پیشرفت الگوریتم، سیاست کنترل تغییر می‌کند، بنابراین، می‌توان این روش را بهترین و موثرترین نوع کنترل دانست [۱].

قسمت‌های اساسی یک سیستم استنتاج فازی، در شکل ۵ نمایش داده شده است. این سیستم استنتاج را پایگاه دانش، فازی‌ساز، موتور استنتاج و فازی‌زدا تشکیل می‌دهد [۹]. یکی از روش‌های طراحی یک سیستم استنتاج فازی برای کنترل پارامترهای الگوریتم ابتکاری استفاده از دانش خبرگان است. در این روش از دانش ایجاد شده در خبرگان و تجارب پیاده‌سازی‌ها، در طراحی پایگاه داده استفاده شده است [۹، ۱].



شکل ۵- موتور استنتاج فازی

در این مطالعه، تعداد جمعیت اولیه ۵۰ کروموزوم در نظر گرفته شده است و نرخ جهش، نرخ همبری، نرخ انتخاب با توجه به تعداد شهرها، شمارنده تکرار حلقه و ورینانس مقادیر شایستگی معیار توسط سیستم استنتاج فازی مشخص می‌شود. توابع عضویت ورودی‌ها و خروجی‌ها در شکل ۶ نشان داده شده است.



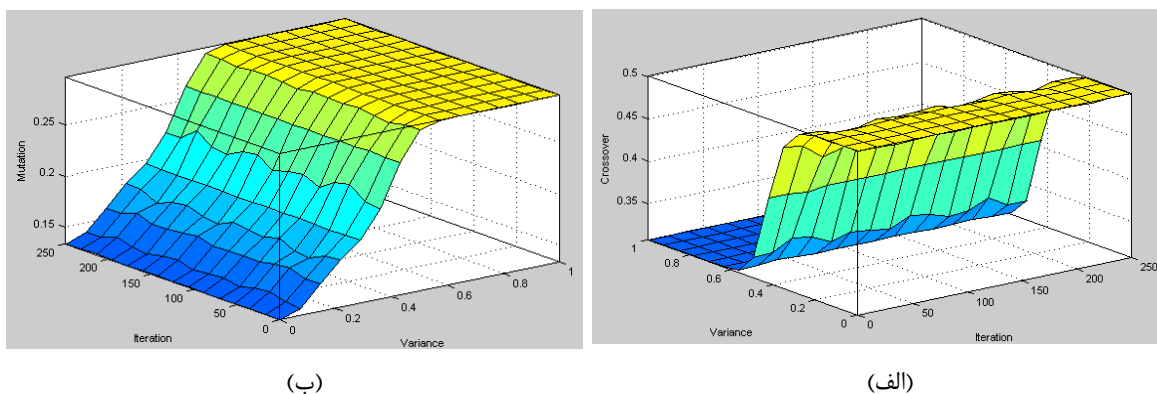
شکل ۶- توابع عضویت تعریف شده، (الف) توابع عضویت برای نرخ انتخاب، (ب) توابع عضویت برای همبری، (ج) توابع عضویت برای نرخ جهش، (د) توابع عضویت برای شمارنده تکرار حلقه، (ه) توابع عضویت برای تعداد شهر و (ر) توابع عضویت برای ورینانس مقدار شایستگی

واریانس مقادیر شایستگی از معیارهای تنوع رفتاری است و می‌تواند همگرایی را به جای آشکارسازی پیش‌بینی کند [۱]. واریانس مقادیر شایستگی طبق رابطه ۲ محاسبه می‌شود. در این فرمول  $fit^{max}$  و  $fit^{min}$  بیانگر بهترین و بدترین شایستگی است و  $fit^{ave}$  بیانگر میانگین شایستگی جمعیت است. این معیار در بازه ۰ تا ۱ قرار دارد. اگر این معیار در

جمعیت به سمت یک میل کند، بیانگر همگرایی است و در صورتی که به سمت صفر میل کند، نشان دهنده وجود تنوع زیاد است.

$$\text{Var} = (\text{fit}^{\min} - \text{fit}^{\text{ave}}) / (\text{fit}^{\min} - \text{fit}^{\max}) \quad (2)$$

پس از انتخاب ورودی‌ها و خروجی‌ها، باید پایگاه داده و پایگاه قواعد طراحی شود. قواعد فازی بیانگر ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌هاست. دانش قابل قبولی در زمینه کنترل پارامترهای الگوریتم وراثتی موجود است که با تبدیل این دانش به قواعد فازی می‌توان بر کنترل پارامترهای الگوریتم تاثیر گذاشت [۱]. با استفاده از تجربه و دانش خبرگان، ۶۰ آموزه اگر-آنگاه در پایگاه داده ذخیره شد، که دو سطح از سطوحی که از این دانش ایجاد می‌شود، در شکل ۷ نمایش داده شده است.



شکل ۷- سطوح ایجاد شده بواسطه دانش اگر-آنگاه موجود در پایگاه داده. (الف) نرخ عملگر ترکیب با توجه به واریانس و (ب) نرخ عملگر جهش با توجه به واریانس

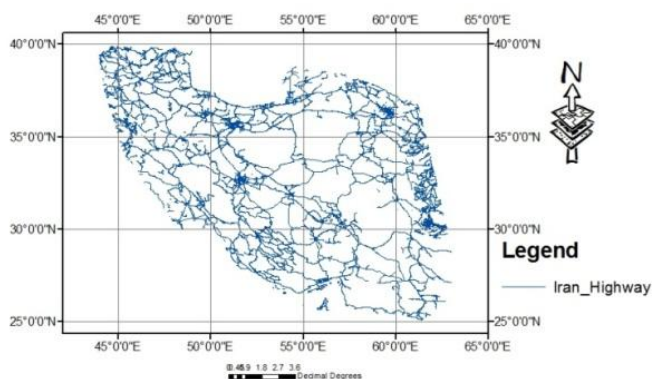
## ۵- نتایج و ارزیابی

چارچوب پیشنهادی با استفاده از داده‌های ۱۵ شهر ایران پیاده‌سازی و مورد ارزیابی قرار گرفته است. ایران کشوری در جنوب غربی آسیا و در منطقه خاورمیانه با ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع وسعت است که از ۳۱ استان تشکیل شده است و با وجود بناهای تاریخی، مکان‌های تفریحی و تنوع زیستی و اقلیمی دارای پتانسیل بالایی در صنعت توریسم می‌باشد. بر پایه‌ی گزارش سازمان جهانی جهانگردی، ایران رتبه دهم جاذبه‌های باستانی و تاریخی و رتبه پنجم جاذبه‌های طبیعی را در جهان دارا است [۱۴].

چارچوب پیشنهادی می‌تواند برای ارائه خدمات متمرکز و بهتر به کاربران در این صنعت مورد استفاده و توسعه قرار گیرد. کاربران می‌توانند از ۳ تا ۱۵ شهر را انتخاب کرده و بهترین ترتیب بازدید از شهرها به نحوی که کمترین مسافت را طی نماید، از طریق سیستم به آنها ارائه شود. شکل ۸، راه‌های ارتباطی ایران، مستخرج از داده‌های OpenStreetMap را نشان می‌دهد [۱۵].



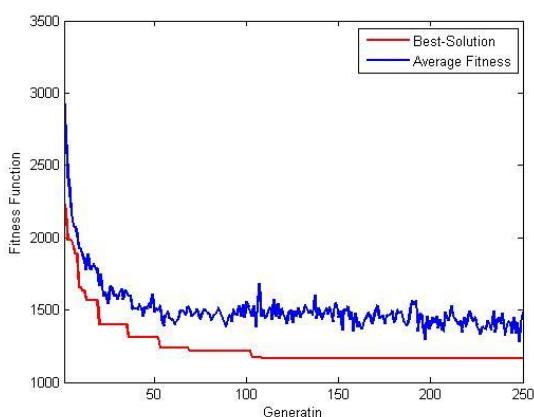
یکی از اهداف این مقاله، ارزیابی الگوریتم وراثتی با توجه به کنترل روند اجرای الگوریتم با سیستم استنتاج فازی است. برای ارزیابی توانایی چهارچوب پیشنهادی، ۱۰ درخواست با تعداد ۶ تا ۱۵ شهر انتخاب شد و برای هرکدام از این درخواستها الگوریتم ۵۰ بار اجرا شد. در جدول ۱ قابلیت الگوریتم پیشنهادی برای یافتن بهترین جواب بر حسب درصد نشان داده شده است. در شکل ۹ نمودار روند همگرایی نشان داده شده است. در این شکل، خط قرمز نشان دهنده بهترین مقدار جواب در هر تکرار و خط آبی نشان دهنده میانگین مقدار جوابها در هر تکرار است. توانایی چهارچوب پیشنهاد شده برای یافتن بهترین جواب به طور متوسط ۹۲ درصد است و این نشان دهنده آن است که پارامترهای الگوریتم وراثتی به خوبی انتخاب شده و مقادیر پارامترهای الگوریتم وراثتی توسط استنتاج فازی به خوبی کنترل می‌شود.



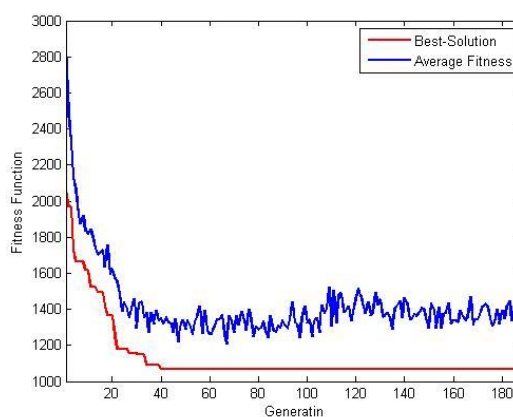
شکل ۸- راههای ارتباطی بین شهرها- ایران

جدول ۱- ارزیابی توانایی یافتن بهترین جواب بر حسب تعداد شهر

تعداد شهرهای انتخابی	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
تعداد اجرای الگوریتم	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
توانایی یافتن بهترین جواب بر حسب درصد	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۸	۹۸	۱۰۰	۷۲	۵۲



(ب)



(الف)

شکل ۹- نمودار همگرایی، (الف) نمودار همگرایی برای ۱۳ شهر (ب) نمودار همگرایی برای ۱۵ شهر

## ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

الگوریتم وراثتی، برای جستجوی جواب بهینه از ایجاد دنباله‌های تصادفی بهره می‌برد و همین عامل باعث یافتن بهینه‌های فرامحلی در یک زمان قابل قبول می‌شود [۱]. این الگوریتم دارای ماهیت تصادفی است و بدین دلیل تحلیل ریاضی این روش دشوار است و دانش موجود برای این روش از مطالعات عملی و پیاده‌سازی بدست می‌آید. مطالعات پیشین و پیاده‌سازی‌ها نشان می‌دهد، اجرای الگوریتم‌های ابتکاری ممکن است در هر بار اجرا نتایج متفاوتی ارائه دهد و بهترین جواب از بین چندین اجرای الگوریتم بدست می‌آید. نتایج جدول ۱ برای شهرهای ۱۱، ۱۲، ۱۳ حاکی از ماهیت تصادفی این الگوریتم است. همچنین این الگوریتم وابسته به مسئله است. بنابراین، نحوه چینش شهرها و آرایش مکانی شهرها در نتایج تاثیرگذار است.

در این مطالعه سعی شد با تنظیم پارامترهای نرخ انتخاب، نرخ همبری و جهش، جواب بهینه در کمترین اجرای الگوریتم و در یک زمان قابل قبول بدست آید. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد، احتمال قطعی و بهینه بودن جواب اولین اجرای الگوریتم بالاست. در این مطالعه برای تنظیم نرخ پارامترهای ترکیب، جهش، نرخ انتخاب از یک سیستم استنتاج فازی استفاده شده است که با توجه به وریانس مقادیر شایستگی نرخ جهش و ترکیب مشخص می‌شود و با توجه به شمارنده تکرار حلقه، نرخ انتخاب معین می‌شود. نتایج پیاده‌سازی نشان می‌دهد که عملگرهای وراثتی به خصوص نرخ انتخاب در یافتن بهترین جواب و سرعت همگرایی نقش زیادی دارد.

پیاده‌سازی‌ها نشان می‌دهد، افزایش تعداد جمعیت اولیه بین ۵۰ تا ۱۰۰ هنگامی که تعداد شهرها بین ۳ تا ۱۳ است، تاثیری بر یافتن جواب ندارد و در تعداد بالاتر باعث بهبود جواب‌ها می‌شود. بنابراین، در کارهای آتی می‌توان میزان جمعیت اولیه را با توجه به تعداد شهرها مشخص نمود. همانطور که نتایج نشان می‌دهد، برای تعداد شهرهای بالاتر از ۱۴، احتمال یافتن بهترین جواب در اولین اجرای الگوریتم کاهش یافته است که باید در تحقیقات بعدی با تعریف عملگرهای همبری جدید که بر اساس جستجوی محلی باشد، بر این مشکل فائق آمد.

## ۷- پانویس

- 1- Travel Salesman Problem (TSP)
- 2- Genetic Algorithm
- 3- Adaptive
- 4- Fuzzy Logic
- 5- Optimization
- 6- Evolutionary algorithm
- 7- Ant colony
- 8- Particle Swarm Optimization
- 9- Combinatorial
- 10- Non-deterministic Polynomial time Completeness
- 11- Polynomial time
- 12- Hard
- 13- Selection
- 14- Selection rate
- 15- Mating pool

- 16- Tournament selection
- 17- Roulette wheel selection
- 18- Rank based selection
- 19- Crossover
- 20- Order Crossover (OX)
- 21- Mutation
- 22- Swap
- 23- Generational replacement
- 24- Parameter tuning
- 25- Parameter Control
- 26- Deterministic
- 27- Self-adaptive

## ۸- منابع

۱. نظام آبادی پور حسین، ۱۳۵۵، الگوریتم وراثتی مفاهیم پایه و مباحث پیشرفته، ۱۳۸۹، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ص. ۲۳۰.
2. Haupt, R.L. and S.E. Haupt, *Practical genetic algorithms*. 2004: Wiley-Interscience.
3. Weise, T., *Global Optimization Algorithms Theory and Application*. E-book, 2009.
4. Larranaga, P., et al., Genetic algorithms for the travelling salesman problem: A review of representations and operators. *Artificial Intelligence Review*, 1999. **13**(2): p. 129-170.
5. Wong, L.P., M.Y.H. Low, and C.S. Chong. A bee colony optimization algorithm for traveling salesman problem. in *Modeling & Simulation*, 2008. AICMS 08. Second Asia International Conference on. 2008. IEEE.
6. Dorigo, M. and L.M. Gambardella, *Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem*. *Evolutionary Computation*, IEEE Transactions on, 1997. **1**(1): p. 53-66.
7. Shi, X., et al., *Particle swarm optimization-based algorithms for TSP and generalized TSP*. *Information Processing Letters*, 2007. **103**(5): p. 169-176.
8. Abbaspour, R.A. and F. Samadzadegan, *Time-dependent personal tour planning and scheduling in metropolises*. *Expert Systems with Applications*, 2011. **38**(10): p. 12439-12452.
9. Wang, L.X., *A Course on Fuzzy Systems*. 1999: Prentice-Hall press, USA.
10. Last, M. and S. Eyal, *A fuzzy-based lifetime extension of genetic algorithms*. *Fuzzy Sets and Systems*, 2005. **149**(1): p. 131-147.
11. Hsu, C.C., et al., *A fuzzy self-tuning parallel genetic algorithm for optimization*. *Computers & Industrial Engineering*, 1996. **30**(4): p. 883-893.
12. Engelbrecht, A.P. *Computational intelligence: an introduction*. 2007: wiley.
13. Eiben, A., et al., *Parameter control in evolutionary algorithms*. *Parameter Setting in Evolutionary Algorithms*, 2007: p. 19-46.
14. <http://fa.wikipedia.org/wiki/iran>.
15. <http://www.openstreetmap.org/>.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL  
پروپوزال

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دوره آموزشی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

دوره آموزشی

کارگاه آنلاین  
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI  
Scopus

آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

دوره آموزشی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو