ارائه الگوریتم ترکیبی مورچگان وژنتیک برای حل مسئله فروشنده دوره گرد

سید رضا حجازی[1]، رضا سلطانی[2]
دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی صنایع
دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، دانشکده تحصیلات تکمیلی

Email: rehejazi@cc.iut.ac.ir

چکیده :

مساله فروشنده دوره گرد جزء مسائل مشهور و کلاسیک تحقیق در عملیات می باشد. بسیاری از فعالیت های علمی را می توان به صورت مسئله فروشنده دوره گرد در آورد و سپس حل نمود. روشهای بهینه یابی موجود برای حل مسائل سخت (همچون مسئله فروشنده دوره گرد) بطور عمده شامل تعداد بسیار زیادی متغیر و محدودیت می باشند که از کارایی عملی آنها در حل مسائل با ابعاد واقعی می کاهد بدین علت در دهه های اخیراستفاده ازالگوریتم های ابتکاری و فوق ابتکاری مورد توجه قرار گرفته است. در این بین الگوریتم های فوق ابتکاری بدلیل ساختار ساده وتوانایی هایی که از خود نشان داده اند مورد استفاده محققین تحقیق در عملیات قرار گرفته است.

در این تحقیق با ترکیب دو الگوریتم کلونی مورچگان و الگوریتم ژنتیک سعی شده است الگوریتم ترکیبی ساخته شود که تور بهتری را برای مسئله فروشنده دوره گرد بدست آورد. پس از طراحی الگوریتم، تنظیم پارامترهای آن با حل مسائل متعدد صورت گرفته است و برای مقایسه روش پیشنهادی با روشهای الگوریتم ژنتیک و مورچگان برخی از مسائل فروشنده دوره گرد موجود در سایت TSP حل شده است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که روش ترکیبی پیشنهادی در اغلب مسائل قادر است جواب بهتری بدست آورد.

واژه های کلیدی: فروشنده دوره گرد، الگوریتم ترکیبی، الگوریتم کلونی مورچگان، الگوریتم ژنتیک

۱- مقدمه

مسئله فروشنده دوره گرد از n شهر تشکیل شده که بین هر دو شهرآن یک مسیر می تواند وجود داشته باشد. هر یک از این مسیرها فاصله یا هزینه مشخص دارد. فروشنده دوره گرد می خواهد از یکی از این

[1] استادیار
[2] دانشجوی کارشناسی ارشد

شهرها مسیر خود را شروع کرده و سپس به کلیه شهرها مسافرت کند و از هر یک از شهرها یکبار فقط بگذرد و در نهایت به شهر مبداء باز گردد در این مساله هدف، پیداکردن ترتیبی از شهرهاست که فروشنده دوره گرد از آنها عبور نماید، به نحوی که در کل مجموع مسافت طی شده (هزینه سفرها) توسط فروشنده حداقل شود.

درک مسئله فروشنده دوره گرد آسان است ولی اگر اندازه مساله بزرگ شود، حل آن مشکل و در اندازه های بزرگ تقریباً غیر ممکن است. اگر فاصله میان دو گره i و j را با d_{ij} نشان بدهیم در صورتیکه مقدار $d_{ji} = d_{ij}$ باشد مساله فروشنده دوره گرد از نوع متقارن گفته می شود در غیر اینصورت مساله فروشنده دوره گرد نامتقارن می باشد.

الگوریتم نوار بندی یکی از الگوریتمهای بهینه حل مسئله فروشنده دوره گرد است که در سال ۱۹۵۹ توسط بردوود و همکارانش ارائه شد [۱] این الگوریتم به عنوان یک ابزار در مورد رفتار طول تور بهینه معرفی شد. یکی دیگر از قدیمی ترین و کارا ترین بررسیها در بکارگیری روش شاخه و کران برای حل مساله فروشنده دوره گرد توسط لیتل و همکارانش در سال ۱۹۶۳ ارائه گردید، [۲] این روش بر اساس تمام مسیرهای فروشنده دوره گرد روی یک درخت شمارش صورت می گیرد. الگوریتم منحنی فضا پرکن توسط پلاتزمن و بارتولدی ابداع شد. [۳] ذکر شده است. پلاتزمن و بار تولدی ثابت کردند که الگوریتم منحنی فضا پرکن هیچگاه توری در زمانی بدتراز ($O(\log N)$ تولید نمی کند.

الگوریتم ذخیره سازی یک برداشت از مساله فروشنده دوره گرد متقارن بوسیله الگوریتم ابتکاری مسیر وسایط نقلیه می باشدکه توسط کلارک وهمکارش معرفی شد. [۴] همچنین الگوریتم CCA که اسم اختصاری سه الگوریتم پوسته محدب، ارزانترین درج و انتخاب زاویه ای می باشد و توسط گلدن و همکارش استوارت ارائه شده است. [۵] ادعا می شود این روش بهترین الگوریتم ساخت تور است. الگوریتم لین-کرنیگان، جستجوی خود را به حرکاتی که تعداد محدودی از یالها را تغییر می دهد، محدود نمی کند. در اصل می تواند تقریباً همه یالهای تور را در حرکات مجزا تغییر دهد. [۶]

الگوریتم ژنتیک در سال ۱۹۷۵ توسط جان هالند ارایه شد. این الگوریتم یک تکنیک جستجوی تصادفی بر اساس فرضیه سیر تکامل انسان می باشد. هدفهای متفاوتی باعث رشد الگوریتم های ژنتیکی در طی ۳۰ سال گذشته شده است. الگوریتم های ژنتیکی درحقیقت تکنیک های جستجوی تصادفی هستند که بر مکانیزم طبیعی وقوانین ژنتیکی ترکیب وجهش استوارند.

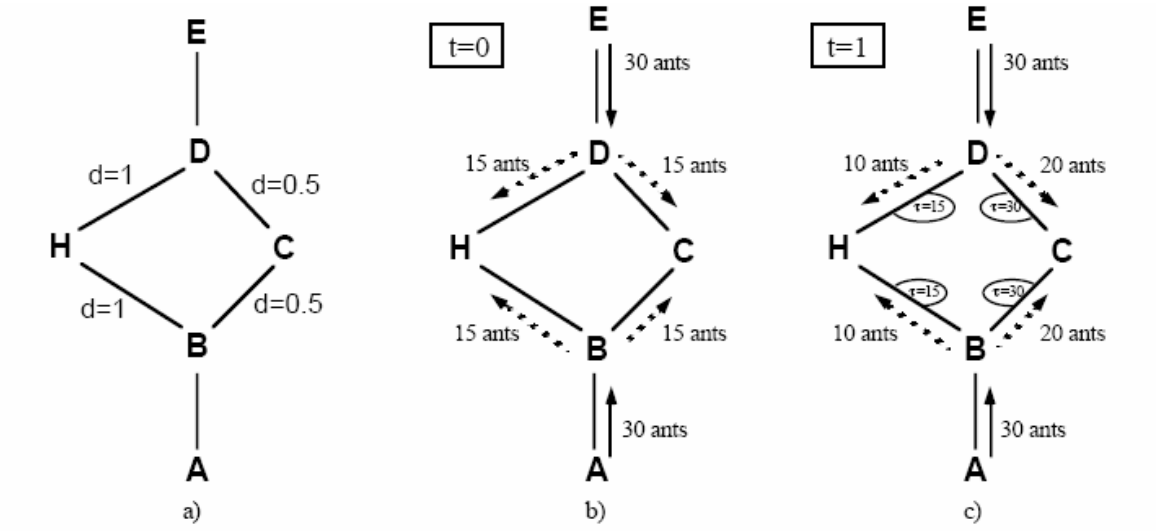
الگوریتم های ژنتیکی با مجموعه اولیه ای از راه حلهای تصادفی که جمعیت اولیه نامیده می شود شروع می شوند هرعضوجمعیت یک کروموزم نامیده می شود که یک جواب را برای مساله نشان می دهد.

کروموزم ها طی دوره های مکرر تکامل می یابند هر دوره یک نسل نامیده می شود. در هر دوره جمعیت تغییر می کند و نسل جدیدی ایجاد می گرددکه از نظر نزدیکی به جواب بهینه از جمعیت قبلی قویتر است. تحول وتکامل کروموزم ها به دو صورت انجام می گیرد.

درمرحله اول تعدادی کروموزوم از جمعیت موجود بطور تصادفی انتخاب می شود وبا هم ترکیب می شوند تا عناصر جدیدی ایجاد شوند. روشهای ترکیب متفاوت و متعددی برای الگوریتم های ژنتیکی بر

شمرده شده است که هر یک مزیت و کاربردهای خاص خود را دارد. دومین مرحله جهش نام دارد که در این مرحله در هر تکرار یک ویا چند کروموزم به طور تصادفی انتخاب می گردد ویکی از ژنهای آن کروموزم نیز بطور تصادفی انتخاب می شود و بر طبق مکانیزمی خاص تغییر می کند در نتیجه کروموزم های جدید حاصل می گردد. مرحله جهش بسیارکوتاه است و نرخ جهش معمولا مقدارکوچکی است. در مرحله نهائی به تعداد جمعیت اولیه از جمعیت گسترش یافته از بهترین اعضاء انتخاب می گردد و بعنوان نسل جدیدی در نظر گرفته می شود. روشهای متفاوتی برای مرحله گزینش وجود دارد که می توان به گزینش چرخ رولت، نمونه گیری کاملا تصادفی، گزینش محلی وبرشی اشاره نمود. الگوریتم های ژنتیکی در نحوه ترکیب، جهش وانتخاب ویا ترتیب بکارگیری این مراحل با هم تفاوت دارند.

درسال۱۹۹۱ دوریگو وکلورینی الگوریتم های فراابتکاری مورچگان را برای حل مسایل با قابلیت تفکیک پذیری ارائه دادند. [۸] این الگوریتم دارای خصوصیاتی همچون تطبیق پذیری ساده در بکار گیری می باشد بصورتیکه با کمترین تغییرات در مسا ئل بهینه سازی ترکیبی نظیر مسا له تخصیص کودراتیک و مسا له زما نبندی کار در کارگاه بکار می رود.



شکل(۱) نحوه حرکت مورچه ها برای یافتن منبع غذائی وفرومون ریزی

شکل(۱) نحوه حرکت مورچه ها برای یافتن منبع غذائی را نشان می دهد مورچه ها در حین حرکت ماده شمیائی به نام فرومون از خود بجای می گذارند. در مسئله فروشنده دوره گرد مجموعه ای از n شهر داریم که می بایست کوتاهترین مسیر بسته میان آنها را به دست بیاوریم. اگر dij طول مسیر میان شهرهای i و j برای مسئله فروشنده دوره گرد از نوع متقارن باشد. برای یافتن کوتاهترین مسیر میان شهرها از تعدادی مورچه مجازی (عامل) استفاده می کنیم که دارای خصوصیات زیر می باشند :

مورچه ها به صورت تصادفی بر روی گره ها قرار می گیرند.

هر مورچه شهر بعدی را که برای حرکت انتخاب می کند به صورت احتمالی است که این احتمال تابعی از فاصله شهر و مقدار دنباله بر روی گره های مرتبط می باشد.

هر مورچه مجبور به ایجاد مسیرهای موجه می باشد، یعنی مجاز به عبور از شهرهایی که قبلاً از آنها نگذشته است می باشد که این حالت بوسیله لیست های ممنوع کنترل میگردد. زمانیکه یک مسیر کامل می شود بر روی گره های آن ماده فرومون قرار می گیرد و مورچه در حین عبور از شهرها مقداری فرومون از خود به جای می گذارد. مورچه در زمانی بین $(t, t+1)$ یک حرکت انجام می دهد، پس در هر تکرار الگوریتم m حرکت انجام می گیرد.

در فاصله زمانی میان $(t, t+1)$ مقداری از فرومون تبخیر می شود پس از اینکه هر کدام از مورچه ها مسیر خود را بوجود آوردند مجدداً به آنها فرومون تخصیص می یابد. نحوه محاسبه فرومون تخصیص داده شده به مورچه ها پس از تکمیل مسیرشان باعث بوجود امدن سه حالت از الگوریتم مورچگان می شود که به الگوریتم شدت – مورچگان، مقدار – مورچگان و سیکل – مورچگان معروف می باشند. در مورد این سه الگوریتم تحقیقی صورت گرفته است که در نتیجه آن الگوریتم سیکل – مورچگان عملکرد بهتری از خود نشان داده است. در این تحقیق تاثیر پارامترهای مانند α (تبخیر فرومون) و β (اهمیت رابطه فرومون و فاصله) مورد بررسی قرار گرفته است که بهترین مقادیر پارامتر $\beta=10$ و α مقداری در نزدیک عدد یک بدست آمده است.

در سال ۱۹۹۶ دوریگو و جمباردلا اصلاحاتی را در الگوریتم مورچگان ایجاد کردند. [۹] و الگوریتم کلونی مورچگان را ارایه دادند. این الگوریتم در سه عامل با الگوریتم قبلی متفاوت می باشد این تفاوتها عبارتند از :

قانون انتقال موقعیت که مستقیماً تاثیر گره های جدید و پیشین را بر الگوریتم کنترل می کند.

قانون بروز رسانی کلی که تنها در گره هایی که متعلق به مسیر مورچه ((بهتر)) باشد به کار می رود.

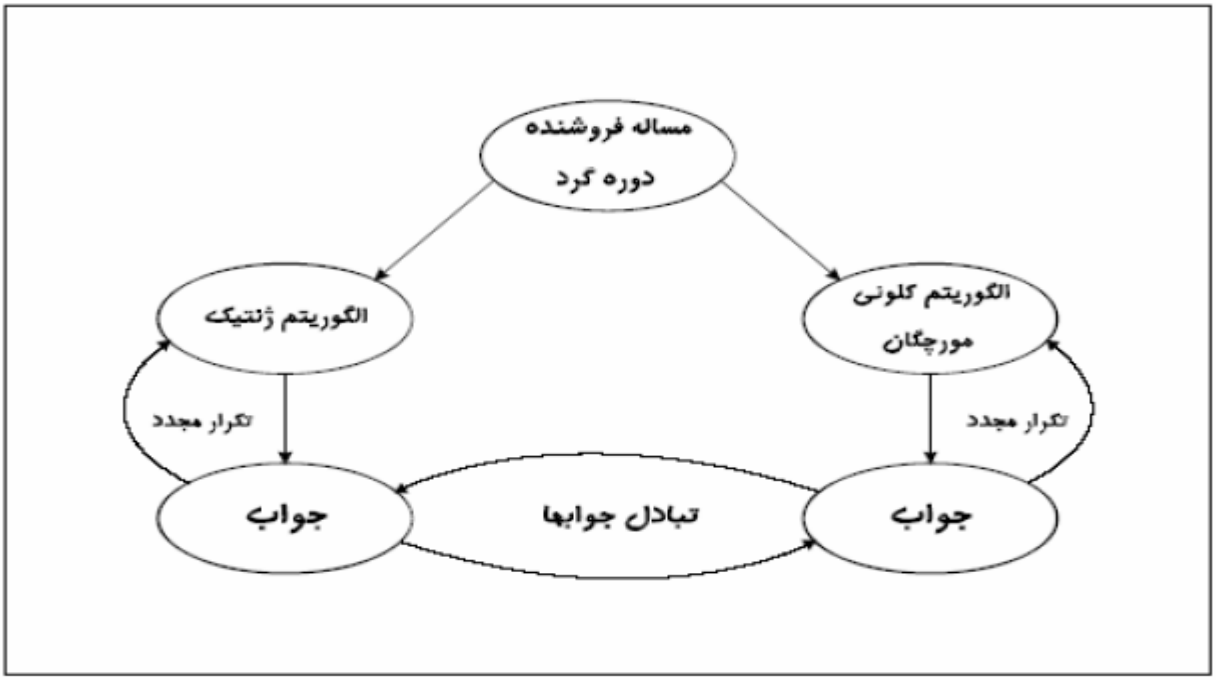
زمانیکه مورچه ها یک جواب را ایجاد می کنند قانون بروز رسانی محلی به کار می رود.

در الگوریتم ترکیبی از خصوصیات الگوریتم کلونی مورچگان وژنتیک استفاده کرده ایم که در ادامه آنرا بیان می کنیم.

۲- الگوریتم پیشنهادی

از میان روشهای حل مسئله فروشنده دوره گرد روشهای فوق ابتکاری توانایی بالایی در رسیدن به جوابهای نزدیک به بهینه دارند در دهه اخیر تلاشهای بسیاری برای بهبود کیفیت جوابهای بدست آمده توسط این الگوریتم ها صورت گرفته است. استفاده از الگوریتم های موازی و ترکیب الگوریتم ها بخشی از این فعالیتها است. همان طور که بیان شد الگوریتم مورچگان به دلیل ساختار مشابه الگوریتم ژنتیک مورد توجه قرار گرفته است. در الگوریتم ترکیبی جوابهای اولیه الگوریتم مورچگان برای جهش کردن (عبور کردن) جوابهای الگوریتم ژنتیک از جواب های بهینه محلی و جواب های الگوریتم ژنتیک برای وسیع کردن دامنه جستجوی مورچه ها به کار برده شده است. الگوریتم ترکیبی صرفا" جهت بهبود جواب توسعه داده شده است و به همین دلیل زمان حل مسئله مورد توجه قرار نگرفته است. نمای کلی الگوریتم ترکیبی را در شکل

(۲) می بینید. همانگونه که از شکل پیداست این الگوریتم سه بخش اساسی دارد که عبارتند از: الگوریتم کلونی مورچگان، الگوریتم ژنتیک و قسمت تبادل جوابها که در ادامه تشریح می گردد.



شکل (۲) نمائی از الگوریتم ترکیبی پیشنهادی

۲-۱ الگوریتم کلونی مورچگان

الگوریتم کلونی مورچگان که مورد استفاده قرار گرفته دقیقاً الگوریتمی است که توسط آقای دوریگو در سال ۱۹۹۶ ارایه شد. [۹, ۱۰] در این الگوریتم در فاز اول ابتدا m مورچه حافظه دار ایجاد می شود، این مورچه ها به صورت تصادفی بر روی n گره قرار می گیرند در هر گره مقدار اولیه ای فرومون وجود دارد در فاز دوم بمنظور ایجاد جواب اولیه مراحل زیر به صورت موازی صورت اجرا می شود.

مورچه قرار گرفته در گره r برای انتخاب شهر s در حرکت بعدی خود از رابطه (۱) استفاده می نماید. که به قانون تبدیل حالت در الگوریتم کلونی مورچگان معروف است در رابطه (۱)، q یک عدد تصادفی بین $[0,1]$ است و مقدار q_0 مقداری بین صفر و یک می باشد.

$$S = \begin{cases} \arg\max_{u \in J_k(r)} \left\{ \left[\tau(r,u)\right] \cdot \left[\eta(r,u)\right]^{\beta} \right\} & \text{if } q \le q_0 \\ S & \text{otherwise} \end{cases}$$

رابطه (۱)

در این رابطه، $\tau(r, s)$ نشان دهنده مقدار فرومون روی کمان (r, s)، $\eta(r, s)$ معکوس فاصله $\delta(r, s)$ و $J_k(r)$ مجموعه شهرهای باقیمانده برای عبور مورچه kام که در شهر r ام قرار گرفته است می باشد. β پارامتر تعیین اهمیت رابطه بین فرومون و فاصله است. (β> ۰) همچنین در رابطه فوق S متغیر تصادفی است که از توزیع احتمالی که با رابطه (۲) مشخص شده است پیروی می کند.

$$p_k(r,s)=\begin{cases}\dfrac{[\tau(r,s)]\cdot[\eta(r,s)]^{\beta}}{\sum_{u\in J_k(r)}[\tau(r,u)]\cdot[\eta(r,u)]^{\beta}} & \text{if } s\in J_k(r)\\ 0 & \text{otherwise}\end{cases}$$

رابطه (۲)

در این رابطه، $p_k(r, s)$ احتمال این است که مورچه kام بعد از شهر r شهر s را انتخاب کند.

پس از اینکه مورچه ها مسیرهای خود را ایجاد کردند به شهر ابتدایی خود بر می گردند. در این مرحله بروز رسانی محلی اتفاق می افتد و فرومونها با استفاده از رابطه (۳) تغییر می یابد.

$$\tau(r,s)\leftarrow(1-\rho)\cdot\tau(r,s)+\rho\cdot\Delta\tau(r,s)$$

رابطه (۳)

در این رابطه ρ پارامتر تبخیر فرمون می باشد و $\Delta\tau(r, s)$ از رابطه شماره (۴) بدست می آید.

$$\Delta\tau(r,s)=\begin{cases}(L_{gb})^{-1} & if\,(r,s)\in global_best_tour\\ 0 & otherwise\end{cases}$$

رابطه (۴)

که در آن L_{gb} طول بهترین مسیر یافته شده در تکرار جاری الگوریتم است.

در انتها اگر به شرط پایان رسیده باشیم الگوریتم متوقف می شود در غیر این صورت مراحل فوق تکرار می شود.

۲-۲ الگوریتم ژنتیک

الگوریتمهای ژنتیک با توجه به نوع عملگرهای جهش و ترکیب به کار رفته با همدیگر متفاوت می باشند. در الگوریتم ترکیبی از الگوریتم ژنتیک ارایه شده توسط فوگل که کارایی خوبی از خود در حل مسئله فروشنده دوره گرد نشان داده است استفاده شده است.[۱۱] این الگوریتم از روش حذفی بعنوان عملگر ترکیب و عملگر جهش معکوس (IVM) بهره می برد. مراحل الگوریتم ژنتیک به صورت زیر است :

مرحله اانتخاب جمعیت اولیه: به تعداد اعضاء جمعیت (M) جواب اولیه به صورت تصادفی ایجاد می شود به طوریکه هر عضو جمعیت نشان دهنده یک جواب موجه مسئله باشند، سپس اعضاء جمعیت با توجه به مقدار طول مسیر ایجادشده مرتب می شوند.

مرحله گزینش : در مرحله گزینش p_e % از اعضاء حذف می شوند و جمعیت به مقدار $M \times (1-\% p_e)$ کاهش می یابد.

مرحله ترکیب : در این مرحله $M\times$ %pe از اعضاء به صورت تصادفی برای ایجاد فرزندان (اعضاء نسل جدید) انتخاب می شوند و با عمل ترکیب جمعیت به تعداد سابق خود (m) باز می گردد.

مرحله جهش : در مرحله جهش $\%P_i$ از اعضاء انتخاب می شوند و با به کار گیری روش opt-۲ بهبود می یابند. در این مرحله اعضاء با بهترین مقدار برارزش انتخاب می شوند.

۲-۳ تبادل جوابها

ساختار الگوریتم ترکیبی به گونه ای طراحی شده است که هر دو الگوریتم به صورت موازی به حل مسئله می پردازند تا به شرط توقف که با Loop نشان داده شده است برسند. در این زمان الگوریتم مورچگان به تعداد (m) مورچه و الگوریتم ژنتیک به تعداد جمعیت اولیه M (در الگوریتم ترکیبی M=m می باشد) جواب اولیه ایجاد کرده اند و به مقدار Ec% از جوابها میان دو الگوریتم مبادله می شوند. پس از مبادله جوابها عمل تطبیق جوابها در دو الگوریتم صورت می گیرد بدین صورت که جوابهای الگوریتم مورچگان وارد نسل جاری جمعیت الگوریتم ژنتیک شده و جوابهای الگوریتم ژنتیک وارد مرحله قبل از فرومون ریزی کلی می شوند. پس از این مرحله الگوریتم مجدداً حل مسئله فروشنده دوره گرد را ادامه می دهد تا به شرط توقف برسد.

در الگوریتم ترکیبی چندین پارامتر وجود دارد که بر روی عملکرد تاثیر می گذارد، در این تحقیق ما تاثیر پارامتر EC، Loop ، α وβ را بر عملکرد الگوریتم، مورد بررسی قرار داده ایم در هر آزمایش یک پارامتر را متغیر و بقیه را ثابت در نظر می گیریم و سپس با افزایش پارامتر متغیر تاثیر تغییرات ایجاد شده در پارامتر را بر جواب نهایی الگوریتم ترکیبی به دست می آوریم.

۳- تحلیل حساسیت پارامترها

برای بررسی تاثیر پارامتر آلفا بر عملکرد الگوریتم مقدار این پارامتر را برابر با اعداد ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۱ و۲ قرار داده ایم و سپس با ثابت نمودن دیگر پارامترهای الگوریتم به صورت EC= ۷۵ Loop =۵۰۰، beta =۱۰ و M = m=۵۰ دو گروه از مسائل را حل نموده ایم. و جواب نهایی پس از بررسی ۱۰۰۰۰۰۰ جواب موجه به دست آمده است. تجزیه و تحلیل نتایج ارایه شده در جدول شماره (۱) نشان می دهد که مقادیر کوچک و بزرگ پارامترآلفا باعث افزایش طول تور می شود.

جدول (۱) تاثیرات پارامتر آلفا

نام مسئله	α = ۰.۱	α = ۰.۵	α = ۱	α = ۲
Ei151	۴۲۰	۴۲۷	۴۲۷	۴۲۷
KrobA100	۲۱۹۴۶	۲۱۵۵۵	۲۱۶۱۶	۲۱۷۰۰
Krob100	۲۲۵۰۲	۲۲۸۸۹	۲۲۹۰۱	۲۳۴۲۹
Rat 575	۷۹۹۶	۷۸۱۴	۷۵۱۹	۸۶۹۴
Rat 783	۱۰۶۹۴	۱۰۴۹۳	۱۰۳۹۶	۱۰۶۷۵

در جدول شماره (۲) تاثیر پارامتر بتا برعملکرد الگوریتم ترکیبی مقدار این پارامتر برابر اعداد ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ قرار گرفته و با تنظیم مقدار پارامترها برابر ۱= α ۷۵ = EC ۵۰۰۰= Loop ۵۰= m=M با افزایش پارامتر بتا به مقدار ۱۰=β طول تور در تمامی مسائل کاهش یافته است پس از تغییر مقدار پارامتر بتا به ۲۰ درصد نیز همچنان طول تور روند کاهشی از خود نشان داده است اما بازاء ۳۰=β طول تور در اغلب مسائل افزایش پیدا کرده است. بنابراین با این بررسی مقدار ۲۰برای بتا مقدار بهتری است.

جدول (۲) تاثیرات پارامتر بتا

نام مسئله	β = ۵	β = ۱۰	β = ۲۰	β = ۳۰
Ei151	۴۲۷	۴۲۷	۴۲۷	۴۲۷
KrobA100	۲۱۹۷۱	۲۱۶۱۶	۲۱۵۱۹	۲۱۵۷۰
Krob100	۲۳۳۰۱	۲۲۹۰۱	۲۲۷۷۳	۲۲۷۷۳
Pr152	۷۴۹۱۹	۷۴۷۹۹	۷۵۵۱۹	۷۵۶۴۲
Krob200	۳۰۱۲۸	۳۰۱۲۴	۲۹۹۲۵	۲۹۹۹۷

برای بررسی تاثیر مقدار تبادل جوابها بر عملکرد الگوریتم مقدار اولیه تکرارها در هر دو الگوریتم را برابر۵۰۰۰ در نظر می گیریم و با تغییر مقدار EC به ۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ مقدار تغییرات طول تور را بررسی می کنیم. نتایج ارایه شده در جدول شماره (۳) نشان می دهد که با افزایش مقدار پارامتر EC احتمال رسیدن به جواب نزدیکتر به بهینه افزایش می یابد به طوریکه در هیچ کدام از مسائل، با افزایش مقدار EC مقدار جواب به دست آمده بدتر نشده، به عبارت دیگر طول تور بدست آمده یا ثابت مانده و یا کاهش یافته است. اما برای مقدار بزرگتر از ۵۰ تقریبا جوابها ثابت است بنابراین مقدار مناسب EC می تواند ۵۰ انتخاب شود.

جدول (۳) تاثیرات پارامترتبادل جوابها

نام مسئله	EC = ۵	EC = ۲۵	EC = ۵۰	EC = ۷۵
Ei151	۴۲۷	۴۲۷	۴۲۷	۴۲۷
KroA100	۲۱۵۲۱	۲۱۵۲۱	۲۱۵۲۱	۲۱۵۲۱
Krob100	۲۲۲۸۹	۲۲۲۸۹	۲۲۱۷۰	۲۲۱۷۰
Krob200	۲۹۹۰۳	۲۹۸۹۶	۲۹۵۷۶	۲۹۵۷۶
Lin318	۴۳۱۴۹	۴۳۱۴۹	۴۳۰۱۹	۴۳۰۱۱
Rat 575	۷۳۵۹	۷۳۲۱	۷۳۲۱	۷۳۲۱

برای بررسی تاثیر تعداد تکرار اولیه بر عملکرد الگوریتم مقدار تبادل را برابر ۵۰ در نظر گرفته و سپس مقدار LOOP را به ۴۰۰۰, ۵۰۰۰, ۶۰۰۰ , ۸۰۰۰, ۱۰۰۰۰ تغییر می دهیم. تعداد تکرار ها در هر دو الگوریتم ثابت فرض شده است. نتایج ارایه شده در جدول شماره (۴) نشان می دهد که با افزایش LOOP عملکرد الگوریتم بهبود می یابد. اما در افزایش از ۸۰۰۰ به ۱۰۰۰۰ تغییرات بسیار اندک است و می توان ۱۰۰۰۰ را بعنوان مقدار مناسب برای این پارامتر در نظر گرفت.

جدول (۴) تاثیرات پارامترتکرار اولیه

نام مسئله	loop = ۴۰۰۰	loop = ۵۰۰۰	loop = ۶۰۰۰	loop = ۸۰۰۰	loop = ۱۰۰۰۰
Ei151	۴۲۷	۴۲۷	۴۲۷	۴۲۷	۴۲۷
KrobA100	۲۱۵۲۱	۲۱۵۲۱	۲۱۵۲۱	۲۱۵۲۱	۲۱۵۲۱
Krob100	۲۲۳۷۰	۲۲۳۲۹	۲۲۳۲۹	۲۲۳۲۶	۲۲۳۰۱
Pr152	۷۳۹۹۱	۷۳۹۶۳	۷۳۹۶۳	۷۳۸۹۱	۷۳۸۹۱
Krob200	۲۹۸۷۶	۲۹۸۰۲	۲۹۸۰۲	۲۹۵۶۹	۲۹۵۶۳

۴- تجزیه وتحلیل نتایج

در این قسمت به بررسی و مقایسه نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی و الگوریتم مورچگان، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم کلونی موچگان می پردازیم. نتایج حل پنج مسئله با روشهای فوق در جدول شماره (۵) ارایه شده است. همانگونه که مشاهده می شود جوابهای بدست آمده ازالگوریتم ترکیبی در تمامی موارد از جوابهای الگوریتم مورچگان و الگوریتم ژنتیک بهتر است.

جدول (۱) مقایسه نتایج بدست آمده از الگوریتم پیشنهادی

نام مسئله	AS	GA	Acs	روش پیشنهادی	Optimum
Eil51	۴۴۱	۴۳۱	۴۲۷	۴۲۷	۴۲۶
Kro A100	۲۱۷۹۹	۲۱۸۰۲	۲۱۵۲۱	۲۱۵۲۱	۲۱۲۸۲
Kro B100	۲۳۰۰۵	۲۲۶۴۱	۲۲۲۷۴	۲۲۱۷۰	۲۲۱۴۱
Pr152	۷۴۴۲۹	۷۴۹۷۶	۷۳۹۹۸	۷۴۱۲۱	۷۳۶۸۲
Krob200	۳۰۴۲۱	۳۰۲۷۷	۲۹۶۵۵	۲۹۵۷۶	۲۹۴۳۷

این در حالیست که روش پیشنهادی در دو مسئله جوابی مانند جواب الگوریتم کلونی مورچگان و در دو مسئله نیز جوابی بهتر از این روش بدست آورده است. و تنها در مسئله چهارم جواب روش کلونی مورچگان بهتر از جواب روش پیشنهادی است.

در الگوریتم مورچگان پارامترهایی همچون تعداد مورچه ها، مقدار فرومون اولیه و درصد تبخیر فرومون وجود دارد که تغییر هریک از این پارامترها بر عملکرد الگوریتم مورچگان موثر است. در الگوریتم پیشنهادی مقدار این پارامترها ثابت درنظر گرفته شد. بنابراین پیشنهاد می توان تاثیر هریک از این پارامترها را بر الگوریتم ترکیبی مورد بررسی وتجزیه وتحلیل قرار داد و احتمالا" جوابهای بهتری بدست آورد.

منابع

[1] J. D. C. Little, K. G. Murty, D. W. Sweeney and C. Karel, `An algorithm for the traveling salesman problem', Operations Research, 11, 972--989 (1963).
[2] J. BEARDWOOD, J. H. HALTON, AND J. M. HAMMERSLEY, ‘‘The shortest path through many points,’’ Proc. Cambridge Philos. Soc. 55, 299-327, 1959.
[3] L.K., Platzman, and J.J., Bartholdi, "Space filling curves and the planar travelling salesman problem", Journal of the ACM (JACM), Volume 36, Issue 4, 719 – 737, 1989.
[4] G. CLARKE AND J. W. WRIGHT, ‘‘Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points,’’ Operations Res. 12, 568-581, 1964.
[5] B. L. GOLDEN AND W. R. STEWART, ‘‘Empirical analysis of heuristics,’’ in The Traveling Salesman Problem, E. L. Lawler, J. K. Lenstra, A. H. G. Rinnooy Kan, and D. B. Shmoys (eds.), John Wiley & Sons, Chichester, 207-249, 1985.
[6] S. Lin, and B. Kernighan, "An effective heuristic algorithm for the tsp", Operations Research, 21:498--516, 1971.
[7] Holland J.H.: Adaptation in Natural and Artificial Systems. The University of Michigan Press, 1975.
[8] M. Dorigo and L. M. Gambardella. "Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Travelling Salesman Problem", IEEE Trans. Evol. Comp. 1 53-66, 1991.
[9] M. Dorigo and L. M. Gambardella, "A study of some properties of Ant-Q", In Proceedings of PPSN-IV, Fourth International Conference on Parallel Problem Solving From Nature, pages 656-665. Berlin: Springer-Verlag, 1996.
[10] M., Dorigo, Gi.D., Caro and L., M. Gambardella, "Ant Algorithms for Discrete Optimization", Arti.cial Life, Vol.5, No.3, pp. 137-172, 1999.

[11] M.b, Fogel., "The genetic algorithm for TSP", IEEE Transaction on systems, 16:1-13, 1986.