

بهینه‌سازی مسئله دریافت و تحویل محموله‌های پستی بین مراکز توسط وسایل نقلیه ظرفیت‌دار با استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری

کوثر کبیری^{۱*}، محمدسعدی مسگری^۲

^۱ کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
kosar.kabiri@yahoo.com

^۲ دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
mesgari@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۴، تاریخ تصویب دی ۱۳۹۵)

چکیده

حمل و نقل و سیستم‌های لجستیکی کارآمد، نقش مهمی در توسعه اقتصادی جامعه ایفا می‌کند. با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از کالاهای ما از طریق پست و توسط حمل و نقل جاده‌ای انجام می‌شود. افزایش وسایل نقلیه در حال حرکت در جاده‌های ما باعث افزایش هزینه، سر و صدا، آلودگی و حوادث می‌شود. برنامه‌ریزی و مدیریت حمل و نقل، با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی می‌تواند باعث کاهش این اثرات و بهبود خدمات به مشتریان و رضایت هر چه بیشتر آنها شود. مسئله همزمانی دریافت و تحویل محموله‌های پستی در هر مرکز و همچنین زمان تحویل این محموله‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. مسئله برنامه‌ریزی برای محموله‌های پستی نوع ویژه‌ای از مسئله دریافت و تحویل کالا با پنجره زمانی^۱ می‌باشد که آن نیز نوع مهمی از مسئله مسیریابی وسایل نقلیه^۲ VRP به شمار می‌آید. هدف این تحقیق برنامه ریزی و بهینه سازی روند جابجایی مجموعه‌ای از محموله‌های پستی هستند که در مکان‌ها و زمان‌های مشخصی بایستی دریافت و تحویل گردند. ضمن لحاظ نمودن حجم محموله‌ها و ظرفیت خودروها بایستی هم طول و هم زمان سفرها و هم تعداد خودروها کمینه گردند. از طرفی همانطور که می‌دانیم روش‌های بهینه‌سازی سنتی متداول به دلیل مواجه شدن با پیچیدگی‌های مسئله در فضاهای جستجوی بزرگ اغلب به بهینه‌های محلی همگرا می‌شوند. به همین دلیل در این تحقیق برای حل این مسئله از الگوریتم‌های فراابتکاری کلونی زنبور عسل و ژنتیک استفاده شده است. مسئله بهینه سازی مورد نظر و شرایط خاص آن و توابع بهینگی و قیود بهینه سازی در قالب اجرای دو الگوریتم مدل سازی گردیدند. که در این الگوریتم‌ها با تعریف همسایگی مناسب و به کارگیری عملگرهای جهش و تقاطع ابتکاری شرایط حل مسئله بهتر شده است. در نهایت توانایی الگوریتم‌ها از نظر دقت، سرعت همگرایی و شرط تکرارپذیری مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان دهنده عملکرد بهتر الگوریتم زنبور نسبت به ژنتیک می‌باشند. براساس نتایج بدست آمده در هر بار اجرا، الگوریتم ژنتیک و زنبور به ترتیب ۸۴ و ۹۳ درصد امکان رسیدن به بهترین جواب را دارند.

واژگان کلیدی: بهینه سازی، فراابتکاری، برداشت و تحویل، پنجره زمانی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم کلونی زنبور

* نویسنده رابط

^۱ Pick up and delivery problem with time windows (PDPTW)

^۲ Vehicle routing problem

۱- مقدمه

یکی از راه‌های کاهش هزینه‌ها و صرفه جویی در زمان توزیع کالا، مدیریت و برنامه ریزی ارسال کالاها و تحویل آنها به متقاضیان است. هزینه حمل و نقل درصد قابل توجهی از کل هزینه محصول می‌باشد. در واقع، بیش از ۲۰ درصد از ارزش محصول صرف حمل و نقل و تدارکات آن می‌شود [۱]. در ضمن بخش حمل و نقل می‌تواند تاثیر زیادی بر سلامت و بهداشت جامعه بگذارد. فعالیت شرکت پست در امر ارسال مرسولات شامل چهار جزء اصلی شامل مراحل قبول، تجزیه، رهسپاری (حمل و نقل) و توزیع می‌باشد. موضوع تحقیق اگر چه بی ارتباط با سه مرحله دیگر نمی‌باشد ولی بیشتر تمرکز روی بخش حمل و نقل شبکه پستی می‌باشد. از آنجایی که حمل و نقل صحیح مرسولات توزیع آنها را تسریع می‌کند و تاثیر بسزایی در جلب رضایت مشتری و کاهش هزینه دارد، لذا توجه به شبکه حمل و نقل کالا از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

این موضوع در مبحث مسئله دریافت و تحویل کالا می‌گنجد. حال اگر محدودیت‌های مسئله مسیر یابی وسائل نقلیه توسط فرد در نظر گرفته شود به همان اندازه پیدا کردن راه‌حل‌های مناسب در این خصوص پیچیده‌تر می‌شود. پیشرفت‌های موجود در روش‌های الگوریتم‌های دقیق، یافتن راه حلی برای حل مسیریابی وسائل نقلیه در زمان مناسب می‌تواند مشکل ساز باشد. الگوریتم‌های تقریبی که از رویکردهای ابتکاری و فراابتکاری استفاده می‌کنند در اغلب اوقات می‌توانند مسائل پیچیده با فضای جستجوی وسیع را حل نمایند. این الگوریتم‌ها به سبب جستجوی سراسری^۱ همراه با جستجوی محلی^۲ قادر به یافتن جواب‌های نزدیک به بهینه نهایی در زمان مناسب می‌باشند. الگوریتم‌های فراابتکاری را می‌توان به دو دسته مسیر مینا و جمعیت مینا تقسیم نمود. روش‌های مسیر مینا مبتنی بر اصلاح تدریجی یک جواب هستند. در الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت، در حین جستجو یک جمعیت از جواب‌ها در نظر گرفته می‌شوند. روش‌های مبتنی بر جمعیت (مانند الگوریتم زنبور و الگوریتم ژنتیک) دارای سرعت بهتر و دقت بالاتری هستند و همچنین در بهینه محلی کمتر گرفتار می‌شوند [۲].

بحث مسیریابی خودرو VRP هسته اصلی تحقیقات علمی مربوط به توزیع و حمل و نقل مردم و کالاها به حساب می‌آید. این مشکل را می‌توان به طور کلی به عنوان پیدا کردن مجموعه‌ای از مسیرها با حداقل هزینه برای ناوگان وسایل نقلیه، واقع در یک انبار مرکزی، برای خدمت رسانی به تعدادی از مشتریان توصیف کرد که در این روش هر خودرو باید به همان انباری برگردد که از آن خارج شده است و از هر متقاضی باید دقیقاً یک بار بازدید شده باشد. از زمان معرفی این مشکل توسط Dantzig و Fulkerson در سال ۱۹۵۴ و دانتزینگ و رمسر در سال ۱۹۵۹ مدل پایه‌ای حل مسیر یابی وسائل نقلیه دچار چندین تغییر و تحول شده است، آن هم به منظور اینکه این مدل بتواند نیازهای واقعی را که پیچده و پویا می‌باشند فراهم آورد [۳]. مثلاً در VRP مسائلی همچون ظرفیت وسیله نقلیه و تعیین زمان سرویس خاص برای بازدید مشتریان در نظر گرفته می‌شود. در کاربرد پست، به دلیل همزمانی دریافت و ارسال توام محموله‌های پستی و اهمیت زمان تحویل این محموله‌ها، مسئله دریافت و تحویل PDP^۳ را مطرح می‌کنیم. PDP یک نوع مهم از VRP است. بر خلاف VRP کلاسیک، که در آن همه مشتریان نیاز به نوع خدمات مشابه دارند، در PDP فرض این است که دو نوع مختلف از خدمات به مشتریان ارائه شود، یعنی در هر محل یک دریافت و یا تحویل وجود داشته باشد. براساس شرایط و محدودیت‌هایی که بر مسئله PDP می‌توان لحاظ نمود، همچون استفاده از انبار به عنوان مقصد میانی یا ارسال مستقیم بار از مبدا به مقصد، میزان حجم بار، همخوانی مبدا و مقصد، نوع بار (کالا یا مسافر)، انواع مختلفی از PDP توسعه یافته‌اند. به علاوه، مشکلات و محدودیت‌های مهم اعمال شده به حل مسیریابی وسائل نقلیه از قبیل محدودیت زمانی و ظرفیت وسیله نقلیه را می‌توان در حوزه PDP نیز یافت.

مسئله PDP را می‌توان در حوزه‌های مختلفی از جمله توزیع بسته‌های پستی مطرح کرد. خدمات پستی شبکه ارتباطی عمومی و گسترده‌ای است که نسبت به قبول مرسولات فرستندگان و تسلیم آن به گیرندگان با مناسبترین قیمت، سرعت، دقت و ایمنی اقدام می‌نماید و در عین حال، مبادرت به ایجاد تسهیلات لازم در جهت انجام انواع

^۱ Exploration
^۲ Exploitation

^۳ Pick up and delivery problem

سفارشات فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی مردم می کند [۴]. در واقع خدمات پستی عبارت از امکانات و تسهیلات پستی فراهم آمده در شبکه پستی مبتنی بر قوانین، فناوری، تجهیزات بین المللی و نیازهای مشتریان است که دارای تنوع در فرآیند عملیات و نیز دارای مزایای گوناگون بر حسب انتخاب مشتری و تعهدات مختلف برای شرکت پست است [۵]. امروزه با گسترش سریع وسایل ارتباطی، نیاز به خدمات پستی دستخوش تغییراتی گردیده است به گونه ای که نیاز به سطوح پایین سلسله مراتب پست مانند صندوق های پستی کمتر شده است و در مقابل نیاز به سطوح بالاتر یعنی مراکز پستی افزایش یافته است [۴]. در این تحقیق، ارسال یک سری محموله پستی بین یک سری مراکز پستی (پست رستانت)^۱ با استفاده از الگوریتم های فراابتکاری ژنتیک و زنبور بهینه سازی شده است به گونه ای که فاصله و هزینه... بهینه گردند. در حالی که فاصله و هزینه و... بهینه شود. استفاده از PDP را می توان به صورت گسترده در حوزه های حمل و نقل مشاهده کرد. همچنین در آینده با وجود پیشرفت های سریع در حوزه حمل و نقل این مسئله پیچیده تر نیز خواهد شد.

ساختار مقاله به این صورت می باشد که در بخش دوم مروری مختصر بر ادبیات تحقیق انجام می گیرد. در بخش سوم سعی شده مدل سازی متناسب با شرایط و قیود مسئله بیان گردد. در بخش چهارم و پنجم پارامترهای مربوط به الگوریتم های فراابتکاری زنبور و ژنتیک در برنامه ریزی دریافت و تحویل محموله ها در سطح شهر تعیین می شود. در بخش ششم مدل توسعه داده شده در قالب الگوریتم ها پیاده سازی و اجرا شده است و براساس نتایج به دست آمده، الگوریتم ها از لحاظ کارایی (دقت، سرعت همگرایی و شرط تکرارپذیری) مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته اند. در نهایت بخش هفتم به نتیجه گیری مقاله اختصاص داده شده است و همچنین پیشنهاداتی برای ادامه کار و تحقیقات آتی مطرح شده است.

۲- مروری بر ادبیات تحقیق

همان طور که قبلاً اشاره شد دو زیر شاخه مهم از VRP می تواند مرتبط با مسئله دریافت و تحویل محموله های پستی باشد. اولین موضوع، مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با

دریافت و تحویل همزمان با پنجره زمانی VRSPDTW^۲ می باشد که کالاها بین انبار و متقاضیان در بازه زمانی معین رد و بدل می شود. شباهت آن با مسئله ما در این است که در هر گره همزمان امکان دریافت و تحویل وجود دارد، با این تفاوت که در این پژوهش فرض این است که بین گره ها، کالا رد و بدل می شود نه بین انبار و متقاضیان. دومین موضوع، مسئله دریافت و تحویل کالا با پنجره زمانی PDPTW است که تعدادی کالا، بین متقاضیان دریافت و تحویل کالا جابه جا می شود اما در هر گره یا دریافت و یا تحویل صورت می گیرد در واقع دریافت و تحویل به طور همزمان نمی باشد. پس مسئله ما می تواند ترکیبی از این دو موضوع باشد بنابراین به طور خلاصه به مرور تحقیقات گذشته در این رابطه می پردازیم.

VRSPDTW یک نوع خاص از VRSPD^۳ می باشد که برای اولین بار توسط Min در سال ۱۹۸۹ این مسئله مطرح شده است که برای حل مسئله واقعی و کاربردی کتابخانه عمومی و فروشندگی دوره گرد در یک شبکه متشکل از یک انبار، تعدادی وسیله نقلیه و مشتری به کار برده شده است. روش مورد استفاده برای حل مسئله فروشندگی دوره گرد براساس جریمه کردن کمان های نشدنی به وسیله قرار دادن هزینه آنها به اندازه ی بی نهایت و سپس حل کردن آنها بود [۶]. در سال ۲۰۰۲ Tang و Galvao از روش های توسعه یافته ای برای مسئله فروشندگی دوره گرد همراه با دریافت و تحویل همزمان استفاده کردند و همچنین یک مدل ریاضی برای حل مسئله VRSPD ارائه دادند [۷]. در سال ۲۰۰۳ برای همین مسئله با پنجره زمانی، الگوریتم دقیق توسط Angelelli و همکارانش بکار برده شد. یک روش ترکیبی شامل همسایگی متغیر و روش جستجوی ممنوعه که یک استراتژی جستجوی حافظه ای است برای این نوع از مسائل مطرح شد که از کارایی بالایی نیز برخوردار بود [۸]. در سال ۲۰۰۹ الگوریتم مورچگان بهبود یافته ای برای این مسئله پیشنهاد شد که در آن از دو روش جستجوی محلی چندانگانه استفاده می کرد و مزیت دیگر این روش این بود که الگوریتم قادر به حل نسخه های دیگر مسئله مسیریابی وسایل نقلیه بود [۹].

^۲ vehicle route problem simultaneous pickup and delivery with time windows

^۳ vehicle route problem simultaneous pickup and delivery

^۱ Poste restante

مسئله دریافت و تحویل PDP دارای سه زیرمجموعه‌ی مسئله چند به چند^۱، مسئله یک به چند-چند به یک^۲ و مسئله یک به یک^۳ می‌باشد [۱۰]. در حالت یک به یک که مدنظر تحقیق ما می‌باشد، هر درخواست (کالا) دارای یک گره مبدا و یک گره مقصد مختص به خود می‌باشد. یکی از زیر مجموعه‌های اصلی حالت یک به یک مسئله مسیریابی همراه با دریافت و تحویل^۴ می‌باشد. PDPTW از دریافت و تحویل عمومی در سال ۱۹۹۵ سرچشمه می‌گیرد [۱۱]. مشکل مسیریابی وسایل نقلیه با دریافت و تحویل شامل مسیریابی ناوگان وسایل نقلیه به منظور برآوردن مجموعه‌ای از درخواست‌های مشتریان می‌باشد. با توجه به تقاضای هر مشتری (مرکز)، خدمات دریافت و تحویل کالا و یا هر دو خدمت دریافت و تحویل انجام می‌شود. در واقع این اجازه را می‌دهد تا مشتری به انجام عملیات دریافت بار و عملیات تحویل بار در همان زمان بپردازد. هر درخواست باید توسط یک وسیله نقلیه انجام گیرد و محل دریافت باید قبل از محل تحویل بازدید شود [۱۲]. یک مثال کاربردی از PDP مربوط به عملیات مسیریابی خدمات پیک‌های محلی می‌باشد. در سال ۲۰۰۰ توسط Nanry و barbes روشی به نام جستجوی ممنوعه برای حل مسئله دریافت و تحویل با پنجره زمانی^۵ توسعه داده شده‌است. از پارامترهای مدنظر در این مقاله مینیمم کردن تعداد ماشین می‌باشد [۱۳]. در سال ۲۰۱۰ Sombuntham با استفاده از الگوریتم PSO مشکلات بارگیری خودروهای متعدد و تحویل کالا با محدودیت زمانی را حل کرده است و مسافت و هزینه را در تابع بهیمنی لحاظ کرده است. در آن پژوهش به این نتیجه رسیده‌اند که چنانچه مکان مراکز به صورت خوشه‌ای باشد این روش موثرتر عمل می‌کند [۱۴]. در سال ۲۰۱۲ Manar با دو روش موازی و متوالی به حل این مشکل پرداخته که از الگوریتم تپه نوردی کمک گرفته است. این الگوریتم متعلق به خانواده الگوریتم‌های جستجوی محلی است، که برای یافتن بهترین پاسخ یک مسئله یا برای پیدا کردن پاسخی از مسئله که به اندازه کافی مناسب و بهینه باشد، استفاده می‌شود. نتایج این

پژوهش نشان می‌دهد روش متوالی بهتر جواب می‌دهد [۱۵]. در این قسمت ما بخش مهمی از ادبیات موضوع مربوط به حل مسیر یابی وسائل نقلیه مربوط به دریافت و تحول کالا را مرور کردیم.

۳- فرضیات و تعریف مسئله

همانطور که گفته شد مسئله دریافت و تحویل محموله‌های پستی یک مسئله چندهدفه است و به ظرفیت ماشین‌ها، محدودیت زمانی محموله، تعداد ماشین‌ها، کاهش هزینه و... وابسته می‌باشد. مسئله به صورت یک شبکه گسسته دارای N مراکز پستی طراحی شده است. هر مرکز دارای تقاضای دریافت P_i محموله و تحویل D_i هستند، وسایل نقلیه مورد استفاده در مسئله همگن و با ظرفیت ثابت Q برای حمل محموله‌ها فرض شده است. تعداد ماشین‌ها در پارکینگ حد معینی برابر K دارد، اما حتما نباید از تمام آنها استفاده کرد. در واقع کاهش تعداد وسایل نقلیه یکی از اهداف می‌باشد. t_{ij} زمان سرویس دهی در مرکز i و t_{ij} زمان سفر بین مرکز i و j در نظر گرفته شده است. روابط زیر بر گرفته از مدل Dell'Amico می‌باشد. [۱۶] از چهار متغیر زیر در مسئله استفاده شده است.

x_{ji}^k یک مقدار باینری می‌باشد در صورتی که ماشین k از مرکز i به مرکز j سفر کند مقدار آن برابر ۱ می‌باشد.

B_i^k زمانی که ماشین k وارد مرکز i می‌شود

y_{ij}^k مقدار بارگیری ماشین k در مسیر مرکز i و j

w_{ij}^k مقدار بار تحویلی ماشین k در مسیر مرکز i و j

Minimize $z =$

$$\alpha K_0 + \beta \sum_{k \in K} d_{ij}^k x_{ij}^k + \gamma \sum_{k \in K} t_{ij}^k x_{ij}^k \quad (۱)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N} x_{ji}^k = 1 \quad i \in N \quad (۲)$$

$$\sum_{i \in N} x_{0i}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (۳)$$

$$\sum_{j \in N} x_{j0}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (۴)$$

$$\sum_{i \in N} y_{0i}^k = 0 \quad \forall k \in K \quad (۵)$$

^۱ many to many problem

^۲ one to many to one problem

^۳ one to one problem

^۴ Vehicle Routing Problem with Pickup & Delivery

^۵ Vehicle Routing Problem with time windows

این الگوریتم ساختار مستحکمی برای جستجوی کل فضای جستجو و نیز جستجو پیرامون جوابهای خوب را دارد. الگوریتم ژنتیک که از نوع الگوریتمهای تکاملی است اولین بار توسط جان هالند در دانشگاه میشیگان مطرح شد [۱۷]. مراحل کلی الگوریتم ژنتیک را در زیر مشاهده می کنید.

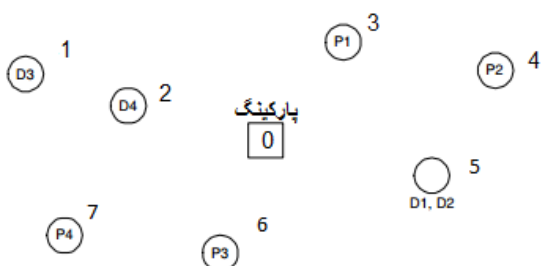
الگوریتم ۱- روال کلی ژنتیک

۱. تولید جمعیت اولیه با کروموزومهای تصادفی.
۲. انتخاب والد از جمعیت اولیه با احتمالی متناسب با میزان برازندگی توسط چرخ رولت.
۳. انجام عمل تقاطع برای والدین انتخاب شده در مرحله قبل و تولید فرزندان.
۴. انجام عملگر جهش با احتمال معین روی فرزندان.
۵. بررسی شرط صحت کروموزومها و حذف کروموزومهای ناصحیح.
۶. اضافه شدن کروموزوم صحیح به جای نسل قبل.
۷. تکرار مراحل ۲ تا ۶ تا رسیدن به تعداد جمعیت جدید.
۸. تکرار مراحل ۲ تا ۷ تا برآورده شدن شرط توقف.

به طور کلی الگوریتم ژنتیک از بخشهای ایجاد جمعیت اولیه و تعریف کروموزوم، تعیین تابع هدف، عملگر تقاطع و عملگر جهش تشکیل می شود. در ادامه به این موضوعات پرداخته می شود.

۴-۱- تعریف کروموزوم

برای درک بهتر مسئله به مثال ساده ای از آن خواهیم پرداخت همانطور که در شکل ۱ مشاهده می کنید ۷ مرکز پستی داریم که قرار است ۴ محموله بین آنها جابه جا شود در شکل منظور از P1 یعنی محموله اول از مرکز سوم برداشت شود و D1 به این معنی است که همان محموله ای که از مرکز سوم برداشت شده با در نظر گرفتن پنجره زمانی و ظرفیت ماشینها، به مرکز پنجم تحویل داده شود. مبدأ حرکت هر یک از ماشینها پارکینگ می باشد و پس از طی مسیر دوباره به پارکینگ بر می گردد.



شکل ۱- مسئله پست قبل از دریافت و تحویل محموله ها

$$\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} y_{ij}^k - \sum_{i \in N} \sum_{k \in K} y_{ji}^k = \sum_{i=0} p_i \quad (6)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} w_{ij}^k - \sum_{i \in N} \sum_{k \in K} w_{ji}^k = \sum_{i=0} d_i \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ij}^k = \sum_{i \in N} x_{ji}^k \quad \forall k \in K \quad i \in N \quad (8)$$

$$y_{ij}^k + w_{ij}^k \leq Q x_{ij}^k \quad i \in N \quad j \in N \quad k \in K \quad (9)$$

$$B_j^k \geq (B_i^k + t_{ij} + ts_i) x_{ij}^k \quad (10)$$

$$a_i \leq B_i^k \leq b_i \quad (11)$$

$$x_{ji}^k \in \{0,1\} \quad i, j \in N \quad i \neq j \quad k \in K \quad (12)$$

$$y_{ij}^k \geq 0 \quad (13)$$

$$w_{ij}^k \geq 0 \quad (14)$$

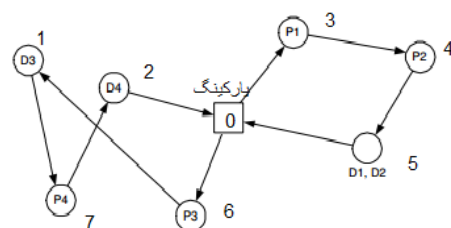
تابع هدف (۱) مسافت طی شده توسط وسایل نقلیه، زمان طی شده سفر و تعداد وسایل نقلیه را کمینه می نماید. محدودیت (۲) این موضوع را تضمین می کند که هر مرکز پستی یکبار و فقط توسط یک ماشین بازدید می شود. در واقع هر محموله توسط یک ماشین از مبدأ، هم بارگیری شود و هم به مقصد تحویل داده شود.

محدودیت های (۳) و (۴) و (۵) باعث می شود وسایل نقلیه مورد استفاده با ظرفیت خالی از پارکینگ که با اندیس 0 نشان داده شده، شروع به کار کنند و پس از طی مسیر به پارکینگ برگردند. معادلات (۶) و (۷) بیان کننده روند مسئله دریافت و تحویل می باشند. محدودیت (۸) یک تعادل بین جریان ورودی و خروجی ماشینها به نقاط ایجاد می کند. به عنوان مثال ماشینی که وارد یک نقطه می شود بایستی از آن خرج شود. محدودیت (۹) ظرفیت ماشینها ضمن حرکت در مسیر بررسی می کند، که نباید از ظرفیت ماشینها (Q) تجاوز کند. محدودیت های (۱۰) و (۱۱) زمان سرویس را کنترل و تنظیم می نماید. و پنجره زمانی برای مرکز i ، b_i ، a_i می باشد. که بایستی هر محموله در این زمان تعیین شده به i برسد. محدودیت های (۱۲) و (۱۳) و (۱۴) نیز نوع متغیرهای مسئله را مشخص می سازد.

۴- الگوریتم ژنتیک

در گستره وسیعی از کاربردها و مسائل مربوط به شبکه و حمل و نقل از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

شکل ۲ یک حل از مسئله را نشان می‌دهد. نحوه کدگذاری یک راه حل در قالب یک ماتریس در جدول ۱ نشان داده شده است. این جواب برای الگوریتم زنبور نیز استفاده شده است.



شکل ۲- مسئله پست بعد از حل دریافت و تحویل محموله‌ها

در الگوریتم ژنتیک هر کروموزوم نشان‌دهنده یک راه‌حل از مسئله است. بنابراین هر ژن یا هر سطر نمایانگر مسیر کامل حرکت یک ماشین می‌باشد. هم طول هر ژن و هم طول کروموزوم متغیر می‌باشد. در واقع تعداد سطرها (طول کروموزوم) به تعداد ماشین‌ها بستگی دارد. طول هر ژن به تعداد مراکزی که ماشین در طول مسیر باید از آنها فقط یکبار رد شود و خدمات برساند وابسته می‌باشد.

جدول ۱- نمایش ساده از یک جواب برای مسئله

ماشین ۱	پارکینگ	۲	۷	۱	۶	پارکینگ
ماشین ۲	پارکینگ	۵	۴	۳	پارکینگ	

۴-۲- ایجاد جمعیت اولیه

الگوریتم‌های فراابتکاری معمولاً با یک جمعیت اولیه شروع به کار می‌کنند. در این مرحله با استفاده از مجموعه‌ای تصادفی از کروموزوم‌ها، یک مجموعه جواب اولیه برای الگوریتم ساخته می‌شود. تعداد جواب‌هایی که برای شروع الگوریتم به عنوان جمعیت اولیه در نظر گرفته می‌شود به نوع مسئله بستگی دارد. در این تحقیق هر کدام از الگوریتم‌ها با جمعیت اولیه‌های مختلف اجرا شده‌اند. مثلاً برای الگوریتم زنبور ابتدا ۵۰ جواب به عنوان جمعیت اولیه در نظر گرفته شد. با چند بار اجرای الگوریتم، این نتیجه حاصل شد که الگوریتم در هر بار اجرا به یک جواب واحد همگرا نمی‌شود. ولی با افزایش تعداد جمعیت اولیه از ۵۰ به ۱۵۰، الگوریتم با سرعت خوبی اکثراً به یک جواب یکسان همگرا خواهد شد. سپس با افزایش مجدد جمعیت اولیه بهبودی در تکرارپذیری و سرعت همگرایی مشاهده نمی‌شود و همچنین زمان اجرای الگوریتم نیز بیشتر می‌شود. در واقع جمعیت اولیه با سعی و

خطا انتخاب شده‌اند به طوری که سریع‌تر همگرا شود. در نتیجه تعداد ۱۵۰ جواب به عنوان جمعیت اولیه برای الگوریتم زنبور مناسب است که تعداد ۳۰ جواب را به عنوان زنبور تبلیغ‌گر و ۱۰۰ جواب را به عنوان تماشاگر و مابقی را زنبور پیشاهنگ در نظر گرفتیم. به طور مشابه برای حل مسئله مسیریابی دریافت و تحویل محموله‌ها با استفاده از الگوریتم ژنتیک تعداد ۲۰۰ جواب برای تشکیل جمعیت اولیه مناسب تشخیص داده شد. در الگوریتم ژنتیک ۸۰ جواب را به عنوان والد و ۲۰ تای دیگر را برای جهش انتخاب کردیم.

۴-۳- محاسبه بهینگی

در بهینه‌سازی الگوریتم‌ها به دنبال بهترین جواب ممکن از مسئله هستند. برای مقایسه جواب‌ها و فهمیدن اینکه کدام جواب از بقیه بهتر است، باید به هر یک از جواب‌ها یک عدد نسبت دهیم. در نتیجه در هر الگوریتم برای هر یک از جواب‌ها بایستی مقدار بهینگی محاسبه شود. در واقع یک جواب یک ترکیب از مسیر حرکت چندین وسیله نقلیه می‌باشد با توجه اهداف کاهش مسیر طی شده توسط وسایل نقلیه و کاهش تعداد وسایل نقلیه یک جواب نسبت به یک جواب دیگر ممکن است دارای مقدار بهینگی بیشتر باشد و جواب بهتری برای مسئله محسوب شود.

تابع هدفی که از آن استفاده شده است به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود، که طی آن تعداد ماشین‌های به کار رفته در مسئله و کل مسافت طی شده و کل زمان سفر ماشین‌ها (شامل زمان سپری شده در طول حرکت ماشین‌ها و زمان تحویل و بارگیری محموله‌ها) کمینه می‌شود. در اینجا با تبدیل مسئله چند هدفه به تک هدفه فضای مسئله به یک فضای اسکالر تبدیل شده است. در واقع به این روش وزن دهی قبل از حل نیز گفته می‌شود. در این روش تصمیم‌گیری، وزن‌ها قبل از حل براساس اهمیت توابع هدف توسط کارشناسان تعرف می‌شود. و جواب‌ها تحت تاثیر این وزن‌ها می‌باشند. برای این منظور از ضرایب α و β و γ که در محدوده‌ی [۰،۱] قرار دارند استفاده شده است. مجموع این سه ضریب برابر یک می‌باشد. در مسئله $\alpha = 0/49$ و $\beta = 0/1$ و $\gamma = 0/5$ در نظر گرفته شده است.

۴-۴- عملگر تقاطع

با اجرای عملگر تقاطع به شکل تصادفی، بخش‌هایی از کروموزوم‌ها را با هم تعویض می‌شوند. این مسئله سبب می-

جستجو سایت‌های گل با کیفیت بهتر در قیاس با سایت‌هایی با کیفیت پایین‌تر، توسط زنبورهای بیشتری ملاقات می‌شود و سایر زنبورهای باقی مانده به جستجوی تصادفی به منظور کشف مناطق جدید می‌پردازند [۱۹].

روال کلی الگوریتم زنبور در زیر آورده شده است.

الگوریتم ۲- روال کلی زنبور

۱. تشکیل جمعیت اولیه به صورت تصادفی.
۲. محاسبه مقدار بهینگی هر عضو جمعیت.
۳. انتخاب زنبورهای تبلیغ‌گر یا همان جواب‌های برتر.
۴. انتخاب زنبور تبلیغ‌گر و جستجوی همسایگی آن توسط زنبور تماشاگر جدید.
۵. تکرار مرحله ۴ تا رسیدن به تعداد مورد نظر زنبور تماشاگر.
۶. ایجاد زنبورهای پیشاهنگ به صورت تصادفی.
۷. تشکیل جمعیت تصادفی از ترکیب زنبورهای تبلیغ‌گر، تماشاگر و پیشاهنگ.
۸. تکرار مراحل ۲ تا ۷ تا برآورده شدن شرط توقف

۵-۱- انتخاب زنبور تبلیغ‌گر توسط زنبور تماشاگر

بعد از ایجاد جمعیت اولیه به شکل تصادفی و محاسبه بهینگی جواب‌ها، ۲۰ درصد از جمعیت اولیه که دارای بهینگی بیشتری هستند به عنوان زنبور برتر یا تبلیغ‌گر انتخاب می‌شوند. اندیس این جواب‌ها در ماتریس جمعیت اولیه مشخص است. حال ۱۰۰ زنبور تماشاگر در نظر گرفتیم که هر کدام از آنها با توجه به مقدار بهینگی ۳۰ جواب برتر یکی از آنها را انتخاب می‌کنند و در اطراف آن به جستجوی محلی می‌پردازند. احتمال انتخاب شدن هر کدام از ۳۰ جواب برتر توسط زنبور تماشاگر از رابطه ۱۵ محاسبه می‌شود.

$$P_k = \frac{F_k}{\sum_{j=1}^N F_j} \quad (15)$$

در این رابطه F_k میزان بهینگی جواب برتر k ام و N تعداد کل جواب‌های برتر موجود است. بنابراین به احتمال P_k در اطراف جواب k ام جستجو صورت می‌پذیرد. به این صورت که هرچقدر مقدار P_k بیشتر باشد جستجوی بیشتری در اطراف جواب k ام خواهیم داشت. برای ۱۰۰ زنبور تماشاگر این فرآیند تکرار می‌شود. در واقع در همسایگی هر کدام از جواب‌ها جستجوی محلی انجام می‌گیرد.

شود که فرزندان، ترکیبی از خصوصیات والدین خود را به همراه داشته باشند و به طور دقیق مشابه یکی از والدین نباشد. پیش از عمل تقاطع لازم است تا دو کروموزوم جمعیت کنونی به عنوان والدین انتخاب شوند. برای انتخاب والدین از فرآیند چرخ رولت استفاده شده است. عملگر تقاطع مورد استفاده در الگوریتم ژنتیک ما، عملگر تقاطع چند نقطه ای است. حال ما برای عمل تقاطع چند مسیر از والد اول و همچنین چند مسیر از والد دوم به صورت تصادفی انتخاب می‌شود و با ترکیب این مسیرها کروموزوم جدید ایجاد می‌شود. اگر هم نقطه تکراری در کروموزوم جدید به وجود بیاید یکی را حذف و با یک نقطه‌ی دیگر عوض خواهد شد.

۴-۵- عملگر جهش

مرحله بعد اجرای عمل جهش است. نحوه عملگر جهش به این ترتیب است که یک یا چند مرکز پستی از جواب، کاملاً به صورت تصادفی انتخاب و سپس جابه‌جا می‌شوند. در این الگوریتم در هر مرحله از اجرای عملگر جهش که به صورت تصادفی است از عملگر تعویض استفاده شده است به این صورت که با اجرای عملگر تعویض، تعداد ۲ تا ۸ مرکز که تعداد آن نیز تصادفی است با هم جابه‌جا می‌شوند. سرانجام الگوریتم ژنتیک پس از تعداد معین تکرار پایان می‌یابد. در واقع تولید جمعیت جدید با احتمال تقاطع ۰/۴ و احتمال جهش ۰/۱ و بقیه جواب‌ها از بهترین‌های نسل قبل انتخاب می‌شود.

۵- الگوریتم زنبور

الگوریتم کلونی زنبور عسل^۱ (ABC) یک الگوریتم بهینه‌سازی براساس هوش جمعی و رفتار هوشمندانه جمعیت زنبور عسل است و اولین بار در سال ۲۰۰۵ میلادی توسعه یافت. این الگوریتم شبیه‌سازی رفتار جستجوی غذای گروه‌های زنبور عسل است که از یک سیستم ارتباطی پیچیده استفاده می‌کند [۱۸].

با توجه به پایداری بالا و عملکرد مناسب به عنوان یک روش بهینه‌سازی قدرتمند شناخته شده است. زنبورها در طبیعت برای جستجوی غذا به صورت تصادفی به جستجو در میان سایت‌های گل می‌پردازند. با پیشرفت مراحل

^۱ Artificial bee colony algorithm

۵-۲- تعریف همسایگی

در مسئله دریافت و تحویل محموله‌های پستی، گاهی باید در اطراف یک جواب جستجو انجام شود. همانطور که گفته شد مسیر حرکت چندین وسیله نقلیه یک جواب محسوب می‌شود. برای یافتن همسایگی یک جواب در مسئله دریافت و تحویل محموله‌ها، می‌توان جای یک یا چند جفت مرکز پستی را جابه‌جا کرد. در واقع با این عمل جواب بدست آمده شباهت زیادی با جواب قبلی خواهد داشت در نتیجه جواب جدید را یک همسایه برای جواب قبلی می‌توان تلقی کرد.

۵-۳- تشکیل جمعیت جدید و ادامه روند همگرایی

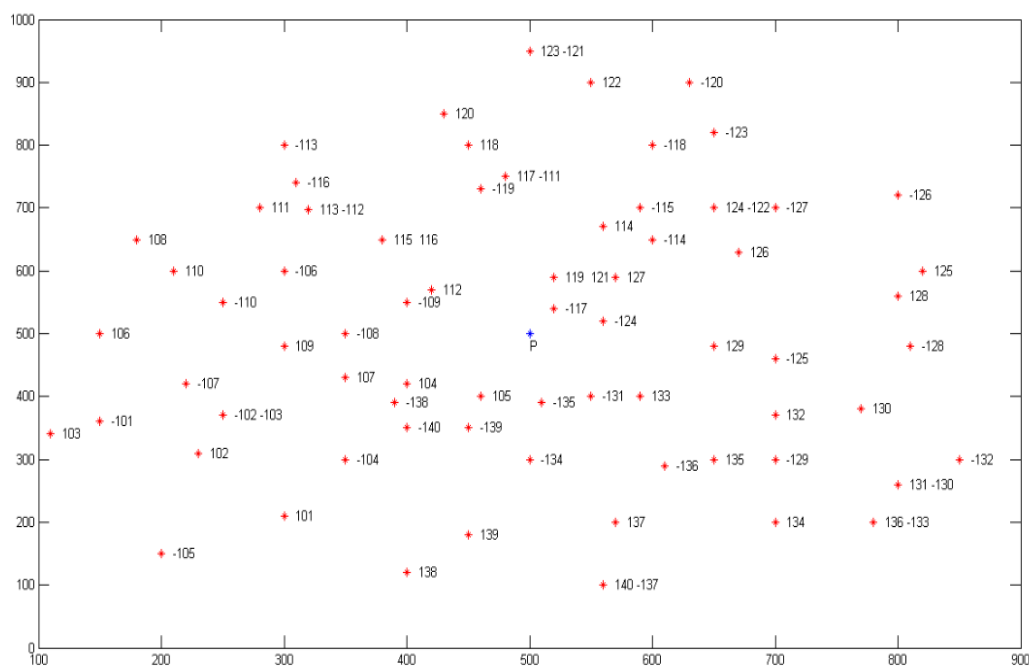
بعد از جستجوی همسایگی زنبورهای تبلیغ‌گر توسط زنبورهای تماشاگر، لازم است فضاهای بکر توسط زنبورهای پیشاهنگ جستجو شود. برای این کار ۳۰ زنبور (جواب) تصادفی ایجاد می‌شود. در نهایت لازم است جمعیت جدید از ترکیب زنبورهای تبلیغ‌گر، زنبورهای تماشاگر و زنبورهای پیشاهنگ تشکیل می‌گردد. سپس مطابق بخش ۵-۱ از این جمعیت جدید زنبورهای تبلیغ‌گر انتخاب می‌شوند.

در هر مرحله از اجرای الگوریتم بهترین جواب از ماتریس جواب‌ها انتخاب می‌شود. اگر شرط توقف برقرار باشد این جواب به عنوان جواب نهایی انتخاب می‌شود. اگر شرط توقف برقرار نباشد به مرحله ۵-۱ برمی‌گردد و فرآیند بالا مجدد تکرار می‌شود. در تکرار بعدی از جواب‌های جدید (زنبورهای تبلیغ‌گر

جدید) استفاده می‌شود. اگر در تکرارهای مختلف، الگوریتم جواب بهتری پیدا نکند الگوریتم متوقف می‌شود. در هر مرحله در اطراف جواب‌های خوب جستجوی محلی داریم. همچنین اگر یک بهینگی تبلیغ‌گر بهبود نیابد تبدیل به پیش‌آهنگ (یک جواب جدید) می‌شود. در واقع در این الگوریتم همزمان با یک جستجوی محلی، جستجوی کلی نیز وجود دارد در نتیجه به احتمال بسیار کمی در بهینگی محلی گیر کند.

۶- پیاده سازی

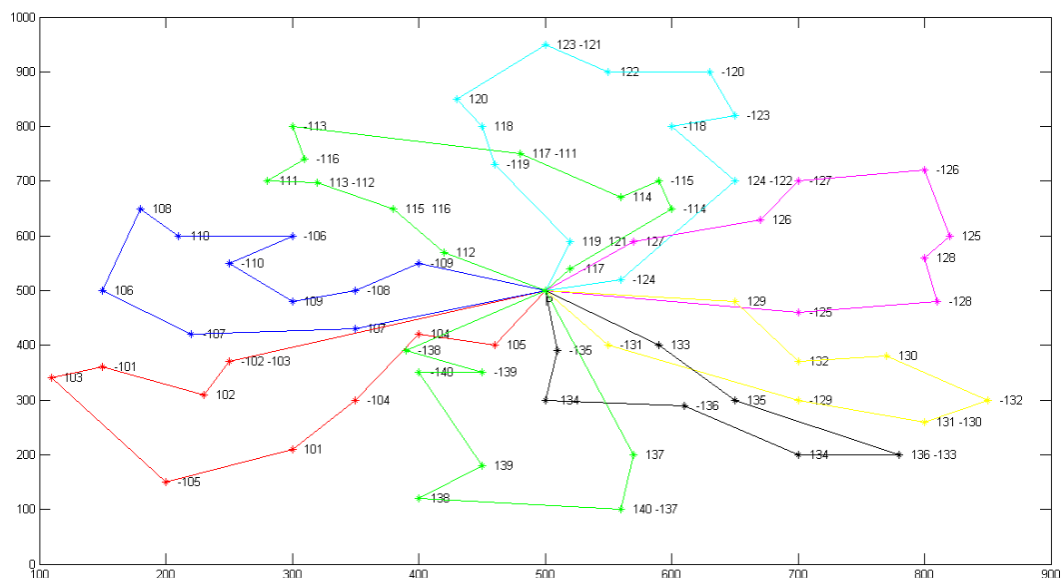
آماده‌سازی داده‌ها یکی از مراحل اصلی است که داده‌ها را برای مراحل بعد آماده می‌سازد. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق داده‌های فرضی هستند. فرض بر این است که در محدوده‌ی یک کلان شهر ۷۰ مرکز پستی وجود دارد. محل مختصات برداشت و محل تحویل هر محموله در بازه زمانی معین، در جدولی مشخص شده است و همچنین حجم هر محموله معلوم است. مختصات مراکز پستی در یک سیستم محلی در شکل ۳ نمایش داده شده است. مختصات پارکینگ (نقطه شروع حرکت ماشین‌ها) در شکل ۳ با علامت P مشخص شده است. همچنین در هر نقطه کد بسته‌هایی که باید برداشت یا تحویل داده شود مشخص شده است. همانطور که قبلاً گفتیم ما در این جا دو نوع خدمات داریم هم تحویل محموله (delivery) و هم برداشت آن (pickup). در شکل، محموله‌های بدون علامت منفی نشان دهنده‌ی برداشت محموله و با علامت منفی نشان دهنده‌ی تحویل است.



شکل ۳- داده‌های مورد استفاده

۶-۱- نتایج اجرای الگوریتم‌ها

در هر بار اجرای الگوریتم‌ها یک مسیر به عنوان مسیر پیشنهادی نمایش داده می‌شود. بهترین مسیر به دست آمده از الگوریتم‌ها در شکل ۴ نمایش داده شده است. هر دو



شکل ۴- بهترین مسیر بدست آمده

اعداد مربوط به زمان که حدود ۳۷ ساعت هستند و اعداد مربوط به تعداد ماشین‌ها حدوداً ۱۰ هستند لازم بود ضرایب مربوط به آن‌ها را به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و ۰/۴۹ لحاظ کنیم. به این ترتیب حاصلضرب مقادیر این سه تابع هدف در ضرایب مربوطه با هم همسنگ و همسان شوند. تعدادی از جواب‌های بدست آمده از الگوریتم‌ها را در جدول ۲ مشاهده می‌نمایید. همچنین جواب ۱ ژنتیک و جواب ۶ زنبور مربوط به شکل ۴ می‌باشد.

از اهداف حل مسئله پست، کاهش مسافت طی شده توسط وسایل نقلیه در زمان معین شده که در کل باعث کاهش ترافیک و آلودگی هوا در سطح شهر می‌شود. در تابع بهینگی مسئله مسیریابی وزن‌های α و β و γ با توجه به اهمیت اهداف مسئله در نظر گرفته شده است و با تغییر این وزن‌ها بهترین جواب مسئله نیز تغییر خواهد کرد. در واقع ما سه تابع هدف با وزن‌های α و β و γ جمع کردیم. با توجه به مقادیر مربوط به مسافت که حدود ۲۵۰۰ کیلومتر هستند و

جدول ۲- تعدادی از جواب‌های بدست آمده از الگوریتم‌ها

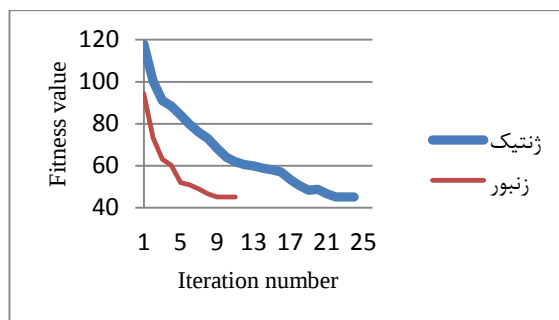
الگوریتم ژنتیک	مقدار بهینگی	مسافت طی شده	تعداد ماشین	زمان طی شده	الگوریتم زنبور	مقدار بهینگی	مسافت طی شده	تعداد ماشین	زمان طی شده
جواب ۱	۴۵/۲۰	۲۳/۲۷۰	۳/۹۲	۱۸/۰۱	جواب ۶	۴۵/۲۰	۲۳/۲۷	۳/۹۲	۱۸/۰۱
جواب ۲	۴۶/۸۷	۲۴/۰۵	۳/۹۲	۱۸/۹۰	جواب ۷	۴۶/۰۱	۲۳/۵۹	۳/۹۲	۱۸/۵
جواب ۳	۴۷/۶۸	۲۴/۱۷	۴/۴۱	۱۹/۱۰	جواب ۸	۴۶/۹۳	۲۴/۰۱	۳/۹۲	۱۹
جواب ۴	۴۸/۱۵	۲۴/۴۹	۴/۴۱	۱۹/۲۵	جواب ۹	۴۷/۲۰	۲۴/۲۳	۳/۹۲	۱۹/۰۵
جواب ۵	۴۹/۵۲	۲۵/۱۱	۴/۹۰	۱۹/۵۱	جواب ۱۰	۴۸/۲۹	۲۴/۳۸	۴/۴۱	۱۹/۵۰

۶-۲- ارزیابی نتایج

۶-۲-۱- ارزیابی دقت

می‌دانیم که الگوریتم‌های فرا ابتکاری لزوماً به بهترین جواب ممکن نمی‌رسند. در نتیجه بهتر است مشخص شود

که دقت هر الگوریتم چقدر است. برای محاسبه‌ی دقت الگوریتم، باید جواب به دست آمده از الگوریتم را با بهترین جواب موجود مقایسه کنیم. ولی در این تحقیق داده‌های مورد استفاده فرضی هستند و بهترین جواب ممکن از مسئله موجود نیست. در نتیجه بهتر است جواب به دست آمده از دو



شکل ۵- سرعت همگرایی

با توجه به محاسبات انجام شده و نتایج به دست آمده از دو الگوریتم ژنتیک و زنبور برای مسئله دریافت و تحویل موقع محموله های پستی و با توجه به ارزیابی انجام گرفته، این الگوریتم‌ها، الگوریتم های مناسبی برای مسئله دریافت و تحویل محموله‌ها هستند. الگوریتم‌های مورد استفاده دارای دقت و صحت مناسبی برای حل مسیریابی همراه با دریافت و تحویل محموله‌های پست هستند، ولی هر کدام از الگوریتم‌ها دارای محدودیت هایی نیز هستند. یکی از محدودیت‌های الگوریتم ژنتیک این است که زمان بیشتری نسبت به الگوریتم زنبور احتیاج دارد تا الگوریتم به جواب بهینه برسد. در واقع الگوریتم ژنتیک با توجه به طبیعت الگوریتم به طور معمول نسبتا کند عمل می‌کند. با انتخاب جمعیت اولیه و عملگرهای مناسب برای الگوریتم ژنتیک مشکل سرعت را به حداقل رساند. یکی از محدودیت‌های الگوریتم زنبور این است که سرعت و دقت الگوریتم به جمعیت اولیه و همچنین نحوه انجام جستجوی همسایگی توسط زنبورهای تماشاگر بستگی دارد. برای رفع این مشکل بایستی الگوریتم را با تعداد مختلف جمعیت اولیه و تعداد مختلف زنبور تماشاگر و تبلیغ‌گر اجرا کرد و نیز در اطراف جواب های برتر جستجوی محلی و همسایگی مناسبی را بایستی در نظر گرفت.

۷- نتیجه گیری و پیشنهادات

در این تحقیق بر روی جنبه های چالشی حل مسیریابی و مسائل نقلیه درخصوص دریافت و تحویل محموله‌های پستی پرداخته شد. مسئله اصلی و مشکل پرداختن به مسئله حمل محموله پستی و تحویل آن از حضور چندین محدودیت جداگانه در خصوص مسئله سرچشمه می‌گیرد که در مراحل الگوریتم باید به آن توجه شود. موضوع تحقیق از جنبه های مختلف دارای پیچیدگی‌های می باشد.

الگوریتم را با همدیگر مقایسه کنیم. در جدول ۳ نتایج حاصل از اجرای دو الگوریتم نمایش داده شده است. با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که بهترین مقدار بهینگی به دست آمده از دو الگوریتم یکی است. در نتیجه می‌توان گفت که دقت محاسبه جوابها در دو الگوریتم یکسان هستند.

جدول ۳- نتایج دو الگوریتم

الگوریتم	تعداد اجرا	تعداد رسیدن به بهترین جواب	مقدار بهینگی بهترین جواب
ژنتیک	۱۰۰۰	۸۴۱	۴۵/۲۰۰
زنبور	۱۰۰۰	۹۳۲	۴۵/۲۰۰

۶-۲-۲- تست تکرارپذیری و قابلیت اعتماد

همانطور که می‌دانیم یکی از مشکلاتی که در الگوریتم‌های فراابتکاری ممکن است به وجود بیاید، گیر کردن در بهینه‌ی محلی می‌باشد. در نتیجه در هر بار اجرای الگوریتم، لزوماً بهترین جواب ممکن به دست نخواهد آمد. در واقع فاکتور تکرارپذیری میزان پایداری الگوریتم را در اجراهای مختلف را نشان می‌دهد. در این تحقیق هرکدام از الگوریتم‌ها ۱۰۰۰ بار اجرا شده‌اند. با توجه به جدول ۳ الگوریتم ژنتیک و الگوریتم زنبور به ترتیب ۸۴۱ و ۹۳۲ بار بهترین جواب را به دست آورده‌اند. این امر به این معنی است که در هر بار اجرا، الگوریتم ژنتیک و زنبور به ترتیب ۸۴ و ۹۳ درصد بهترین جواب را محاسبه خواهند کرد. در نتیجه می‌توان گفت که الگوریتم زنبور دارای تکرارپذیری و در نتیجه قابلیت اطمینان بیشتری نسبت به الگوریتم ژنتیک است.

۶-۲-۳- مقایسه سرعت همگرایی الگوریتم

الگوریتم‌های فراابتکاری به تدریج به سمت جواب بهینه میل می‌کنند. در واقع سرعت میل کردن به سمت جواب بهینه را سرعت همگرایی می‌گویند. سرعت همگرایی دو الگوریتم در ۱۰۰۰ بار اجرا در شکل ۵ نمایش داده شده است که با توجه به آن مشاهده می‌شود که الگوریتم ژنتیک در تعداد تکرار بالاتری به سمت جواب بهینه میل می‌کند. در واقع شیب نمودار زنبور بیشتر است.

اگر ما از داده های واقعی استفاده کنیم تمام این محاسبات بایستی در محیط GIS و با توابع آن انجام گیرد. نتیجه ای که از این تحقیق می توان گرفت این است که الگوریتم زنبور نسبت به الگوریتم ژنتیک با قابلیت اطمینان و سرعت بالاتری همگرا می شود و بهترین جواب مسئله پست را سریع تر و مطمئن تر محاسبه می کند. تحقیقات خاص در بهینه سازی حمل و نقل بخشی اجتناب ناپذیر از مدیریت حمل و نقل است و تقاضای زیاد برای نوآوری و تحقیقات در این زمینه وجود دارد و ادامه خواهد داشت. با این وجود محققان در این حوزه، بایستی از نیازهای جدید در بخش صنعتی آگاه باشند و سعی کنند تا مدل های غنی تری را در تحقیقات خود ارائه دهند. در مسائل VRP اگر کالای مورد نظر مواد فاسدشدنی مانند مواد خوردنی خاص و یا نمونه های آزمایشگاهی باشد آنگاه زمان سفر در اولویت بالاتری در کمینه سازی قرار می گیرد و این اولویت گذاری را با تغییر ضرایب در تابع هدف می توان لحاظ کرد. همچنین جستجوی کلی فضای جواب، همزمان با جستجوی محلی از مهم ترین عوامل این دو الگوریتم فرابتکاری است که باعث می شود بتوان با سرعت و دقت بالا به جواب رسید. الگوریتم های جدیدتری که قابلیت جستجوی همزمان را دارند را می توان برای مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با دریافت تحویل محموله ها بکار برد.

همانطور که در فصل های قبل مطرح شد در مسئله دریافت و تحویل محموله های پستی، در هر نقطه به طور همزمان دو نوع مختلف خدمات ارائه می شود که در تحقیقات پیشین اکثرا برای یک نوع کالا، مسئله دریافت و تحویل همزمان حل شده است که خود بر پیچیدگی مسئله می افزاید. همچنین اعمال محدودیت زمانی برای محوله های پست از اهمیت خاصی برخوردار است. که اگر در نظر گرفته نشود مسئله پست بی معنی خواهد شد. از طرفی در نظر گرفتن ظرفیت ماشین، این تحقیق را به واقعیت نزدیک تر کرده است که از نقاط قوت و مثبت آن محسوب می شود. حرکات همسایگی یکی از دلایل اصلی موفقیت الگوریتم ها به شمار می رود که توانسته بر محدودیت های زمانی و ظرفیت وسایل نقلیه غلبه کند.

در این تحقیق به دلیل ناقص بودن اطلاعات واقعی در این زمینه از داده های فرضی استفاده شده است. چنانچه در آینده سیستمی مرکزی طراحی شود که مراکز پستی بتوانند هر روزه اطلاعات مربوط به محموله ها را به آن ارسال کنند، با استفاده از این اطلاعات، می توان بهترین مسیر و تخصیص محموله ها برای حرکت خودروها را محاسبه کرد. نقش GIS و اطلاعات مکانی در این مسئله را این گونه می توان بیان کرد که قسمت دوم و سوم تابع هدف که مربوط به طول سفر و زمان سفر می باشند با استفاده از داده های یال های شبکه معابر و داده های ترافیک و همچنین زمان تحویل بسته از مسیریابی بدست می آیند.

مراجع

- [1] Hoff, A., Andersson, H., Christiansen, M., Hasle, G., & Løkketangen, A. (2010). "Industrial aspects and literature survey: Fleet composition and routing. Computers & Operations Research, 37(12), 2041-2061.
- [2] Talbi, El-Ghazali. (2009) "Metaheuristics: from design to implementation. Vol. 74. John Wiley & Sons.
- [3] G. B. D. a. D. R. Fulkerson. (1954). "Minimizing the number of tankers to meet a fixed schedule ", Naval Research Logistics Quarterly, 1:217-222 .
- [4] a. Saidi khah. (2004). "survey urban facilities & equipments (Post, telegraph, fire station) & those site selections in old and new sector of Mashhad city," geographic and urban planning department.
- [5] Hernández-Pérez, Hipólito, and Juan-José Salazar-González. (2004). "A branch-and-cut algorithm for a traveling salesman problem with pickup and delivery." Discrete Applied Mathematics 145.1, 126-139.
- [6] Min, H. (1989), "The multiple vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up points", Transportation Research, Vol. 23, pp. 377-386.
- [7] Tang, FA. And Galvao, RD. (2002) "Vehicle routing problems with simultaneous pick-up and delivery service", Journal of the Operational Research Society of India, Vol. 39, pp. 19-33.
- [8] Angelelli, E. And Mansini, R. (2003) "A branchand-price algorithm for a simultaneous pick-up and delivery problem" Working Paper, Article presented at the EURO/INFORMS Meeting.
- [9] Gajpal, Y. And Abad, P. (2009) "An ant colony system (ACS) for vehicle routing problem with simultaneous delivery and pickup", Computers & Operations Research, Vol. 36, pp. 3215-3223.

- [10] Berbeglia, Gerardo, et al. (2007). "Static pickup and delivery problems: a classification scheme and survey." *Top* 15.1, 1-31.
- [11] Savelsbergh, M., Sol, M., (1998). "DRIVE: dynamic routing of independent vehicles". *Operations Research* 46, 474-490
- [12] Mao-xiang, L. A. N. G. (2005) "Study on simulated annealing algorithm for vehicle routing problem with backhauls [J]." *Journal of systems engineering* 5: 006.
- [13] Nanry, William P., and J. Wesley Barnes. (2000). "Solving the pickup and delivery problem with time windows using reactive tabu search." *Transportation Research Part B: Methodological* 34.2, 107-121.
- [14] Sombuntham, Pandhapon, and Voratas Kachitvichayanukul. (2010). "A particle swarm optimization algorithm for multi-depot vehicle routing problem with pickup and delivery requests." *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists* 2010. Vol. 3.
- [15] Hosny, Manar I., and Christine L. Mumford. (2012). "Constructing initial solutions for the multiple vehicle pickup and delivery problem with time windows." *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences* 24.1, 59-69.
- [16] Dell'Amico, M., Righini, G., & Salani, M. (2006). "A branch-and-price approach to the vehicle routing problem with simultaneous distribution and collection". *Transportation Science*, 40(2), 235-247.
- [17] Mitchell, M. (1997). "An Introduction to Genetic Algorithm." MIT press, Cambridge, Massachusetts.
- [18] Karaboga, Dervis, and Bahriye Basturk. (2008). "On the performance of artificial bee colony (ABC) algorithm." *Applied soft computing* 8.1, 687-697