فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال دوازدهم/ شماره ۴۲ / زمستان ۱۳۹۶

ارائه ی یک الگوریتم ژنتیک جدید برای حل مسئله ی مسیریابی چند انباره با وسایل نقلیه چند ظرفیتی

حسین افضلی(نویسنده مسؤول)
عضو هیات علمی موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی
Email: Kashan43h@yahoo.com
غلامرضا عینی سرکله
دانشجوی دکتری مهندسی صنایع واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی و پژوهشگر موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی
مجتبی خادمی نژاد
کارشناس ارشد مهندسی صنایع
الناز میاندوآبچی
دکتری صنایع و عضو هیات علمی موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۱۳ * تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۸

چکیده

امروزه مسیریابی وسایل نقلیه یکی از مسائل پرکاربردترین موضوعات و مدل ها در لجستیک و مدیریت زنجیره تامین و به تبع آن در برنامه ریزی حمل و نقل می باشد که تا کنون مقالات و پژوهش های کاربردی و آکادمیک بسیار زیادی در این زمینه انجام شده و به چاپ رسیده است در این مقاله ما به ارائه یک الگوریتم ابتکاری جدید برای حل مساله ی مسیر یابی وسایل نقلیه با ظرفیت های متفاوتی از وسایل نقلیه پرداخته شده است که هدف اساسی این مقاله تخصیص نقاط تقاضا به هر مرکز و تعیین بهترین مسیر بین نقاط تخصیص یافته به هر مرکز و همچنین تعیین بهترین وسیله حمل و نقل برای هر مرکز است و در یک مطالعه موردی این مدل مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است و در ادامه نتایج بدست آمده که توسط الگوریتم جدید استخراج شده است را با الگوریتم های ابتکاری مقایسه گردیده و نتایج بدست آمده نشان می دهد که این الگوریتم توانایی رقابت با الگوریتم های ابتکاری و فراابتکاری های دیگر را نیز خواهد داشت.

کلمات کلیدی: الگوریتم های ژنتیک، الگوریتم حریصانه مسیریابی، وسایل نقلیه چند ظرفیتی، چند انباره.

۱- مقدمه

حمل و نقل یکی از مهم ترین بخش‌های اقتصاد هر کشور و یکی از تاثیرگذارترین مؤلفه های تعیین هزینه تمام شده محصولات نهایی است. گسترش شهرنشینی، صنایع و بخصوص صنایع پشتیبانی، جابجایی انسان و کالا را بصورت مسأله‌ای پیچیده درآورده است که افزایش فزاینده تقاضا در صنعت حمل و نقل به پیچیدگی آن دامن زده و مشکلات زیادی از جمله ترافیک، آلودگی هوا، اتلاف وقت و هزینه به دلیل انتخاب مسیر های طولانی، افزایش مصرف سوخت و استهلاک وسایل نقلیه و غیره را موجب شده است. برای حل این مشکلات به یک سیستم کارآمد حمل‌ونقل نیاز است که بتواند باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها با در نظر گرفتن حداکثر سرویس و استفاده بهینه از سرمایه و تجهیزات را موجب شود.

فرآیند حمل‌ونقل مانند دیگر فرایندهای حوزه صنایع و مدیریت شامل همه مراحل سیستم‌های تولید و توزیع است و یکی از فاکتورهای بهینه سازی این فرایندها که به بهینه سازی مسأله می انجامد مسیر یابی است. مسأله مسیریابی وسیله نقلیه (VRP) یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین مسائل NP-Complete Problems –تام است که امروزه بسیار مورد توجه محققین علوم مدیریت و بازرگانی قرار گرفته است. تنوع مسأله مسیر یابی و استفاده از وسایل نقلیه متفاوت که باعث تغییر متغییرها می شود به اندازه ای زیاد است که دسته‌بندی آن‌ها و تشریح حالت‌های مختلفی که در آن رخ می‌دهد امری دشوار و زمان‌گیر است. از زمانی که برای اولین بار این مسأله چند دهه قبل مورد بررسی قرار گرفت، در دنیای واقعی مورد بررسی و آزمون قرار گرفته و نتایج متعددی در این خصوص به دست آمده است. (Yousefikhoshbakht & Khorram, 2012).

حل مسأله مسیریابی وسیله نقلیه می تواند در بهینه سازی شبکه های توزیع و کاهش حمل و نقل نقش بسزایی ایفا نماید و در حقیقت یکی از بارزترین مسائل بهینه سازی ترکیبی بشمار می رود که هدف از آن طراحی مجموعه ی بهینه‌ای از مسیرها برای ارایه خدمات به مشتریان، توزیع کالا، امداد رسانی در زمان سوانح، حمل و نقل وسایل نقلیه عمومی و شهری، تحویل بسته های پستی و یا حتی مسیر حرکت رباتها و ماشین ها در کارخانجات و صنایع است. از مسایل مهم این حوزه پیچیده NP بودن آن است که در آن تعداد محاسبات لازم برای رسیدن به جواب بهینه با افزایش اندازه و یا دیگر متغییرها مساله بطور نمایی رشد می کند و باعث می شود حل مساله با استفاده از روش های دقیق مستلزم صرف زمان بیشتری برای انجام محاسبات به همراه باشد. روش های ابتکاری نیز عمدتاً به دلیل اینکه در بهینه های موضعی به جواب بهینه مطلق منجر نمی گردد، دچار عدم قطعیت و بالا بودن نسبی پاسخ ها هستند. از طرف دیگر،VRP می تواند دارای محدودیت‌های متفاوتی باشد که می توان به تعداد مراکز سرویس دهی، محدود بودن یا نامحدود بودن ظرفیت خودروها، قطعی یا احتمالی بودن تقاضا، وجود یا عدم وجود محدودیت برای طول مسیر و غیره اشاره کرد. مسأله مسیریابی وسایل نقلیه به عنوان قلب سازمان دهی و توزیع کالا در اکثر شرکت ها مطرح می باشد. و هزاران شرکت که در امورتحویل، جمع آوری و حمل ونقل فعالیت دارند، روزانه با این مسأله رو به رو هستند. ازآنجا که هر موسسه‌ای شرایط و ویژگی های متفاوتی را دارا می باشد، پس قیود اینگونه از مسائل نیز با یکدیگر متفاوت خواهد بود. مثلا این گونه از مسائل در شبکه های جمع آوری زباله و شرکت های توزیع کننده کالا تفاوت های ساختاری متفاوتی را با هم دارند. اگر چه هر دو نوع در حالت های شبیه به واقعیت در حالت چند انباره در نظر گرفته می شوند.

با توجه به اهداف و محدودیت-های تعریف شده برای VRP و در نظر گرفتن عواملی مانند زمان و هزینه های مورد نیاز جهت رسیدن به جواب و دقت مطلوب، روش‌های مختلفی برای بدست آوردن جواب مسدله VRP وجود دارد که بطور کلی به سه دسته روش‌های دقیق، ابتکاری و فراابتکاری تقسیم بندی میشوند. ما در این تحقیق مساله مسیریابی وسایل نقلیه را در شبکه توزیع کالا و در حالت چند انباره در نظر گرفته ایم. البته در این مسئله علاوه بر شرایط موجود در اکثر مسأله‌ها ظرفیت وسایل نقلیه به صورت متفاوت در نظر گرفته شده اند که با این شرایط گستره استفاده از این الگوریتم افزایش پیدا کرده است و می توان از این روش در مسائل متعددی استفاده نمود.

۲-روش شناسی

الف) پیشینه نظری تحقیق

مسأله مسیریابی وسایل نقلیه که یک مسأله بهینه سازی ترکیبی است، و ابتدا در مقاله های توسطدانتزیگ و رمسر (Dantzig & Ramser, 1959) در سال ۱۹۵۹معرفی شدکه تاکنون به صورت وسیعی مورد بررسی قرار گرفته است .تحقیقات متعددی بر روی انواع مدلها مساله مسیریابی وسایل نقلیه[1] انجام گرفته است. با توجه به ماهیت چند انباره بودن این تحقیق، در اینجا تاریخچه مسایل مربوط به این حوزه را بیشتر بیان کرده ایم. رفیعی(Rafiee, 2010) در سال ۲۰۱۰ یک مسأله مسیریابی تک انباره را با برخی از محدودیت های کاربردی که کمتر به آن پرداخته شده بود ارائه کرده و با استفاده از یک الگوریتم ازدحام ذرات[2]آن را حل کرد .سلهی و همکاران (Salhi et al., 2012) بخشی ازتحقیقات ارایه شده در زمینه مسیریابی چند انباره را ازسال 1969تا 2012 بررسی و همچنین مدل مسیریابی ناهمگن را ارایه و با استفاده از روش جستجوی همسایگی متغیر[3]حل کردند . جعفری و همکاران (Jafari et al., 2011) در سال۲۰۱۱ یک مسأله مسیریابی چند انباره را با در نظر گرفتن محدودیت های مربوط به ظرفیت انبار و ظرفیت وسایل نقلیه را با استفاده از روش شبیه سازی تبرید حل کردند.

ب) پیشینه تجربی تحقیق

در سالهای اخیر توجه به مسأله مسیریابی چند هدفه افزایش یافته است، ازجمله اهدافی که در این مقالات مورد توجه بوده است،میتوان به میزان کالای جابجا شده در هر مسیر، تعداد مشتریان موجود در هر مسیر، طول مسیرها و یا زمان عبور از مسیرها اشاره کرد مانند: (Alinaqian & Naderipour, 2013)،(Bérubé et al., 2009) که مسأله فروشنده دوره گرد را با ارائه روشهای ابتکاری بهبود یافته درحالت چند هدفه حل کردند. همچنین (Ghoseiri & Ghanadpour, 2008) یک مسأله مسیریابی تک انباره با پنجره زمانی برای لوکوموتیوها با هدف کمینه کردن کل هزینه تخصیص لوکوموتیوها با توجه به هزینه مسافت، زمان، هزینه تأخیرها وانتظارات ارایه و با استفاده ازیک الگوریتم ژنتیک بهبود یافته ونرم افزار Lingo حل کردند. از کارهای دیگر انجام گرفته در زمینه مسیریابی وسایل نقلیه می توان به موارد زیر اشاره نمود که از مهمترین کارهای صورت گرفته در این زمینه است.

جدول شماره(۱): مطالعات اخیر در خصوص مساله مسیریابی وسایل نقلیه

مطالعات	نوع مطالعه	مسیر یابی	شرکت
(Hasanpour et al., 2009)	چند انباره	ظرفیت وسیله نقلیه، پنجره زمانی	SA
(Tavakkoli et al., 2010)	چند انباره	ظرفیت وسیله نقلیه،پنجره زمانی، طول مسیر	MOSS,ETS
(Eidi et al., 2013)	چند انباره	چند تقاضایی،پنجره زمانی	NSGA
(Setak et al., 2013)	چند انباره	امکان بارگیری مجدد وسایل نقلیه	GA,TS
(Batista et al., 2014)	چند انباره	طول مسیر	MOSS,NSGA

ما دراین پژوهش به طور خاص مساله مسیریابی وسایل نقلیه با ظرفیت های متفاوت را در حالت تک هدفه بررسی خواهیم کرد و هدف حداقل کردن هزینه های ناشی از حمل و نقل در کل شبکه است که از جمله محدودیت های موجود در این مساله تعداد وسایل نقلیه موجود در شبکه و ظرفیت های هر وسیله است البته این نوع روش حل این قابلیت را دارد که دیگر محدودیت ها را به آن اضافه کنیم، در زمینه حل این مساله از الگوریتمی جدید بهره گرفته ایم که در ادامه ما این الگوریتم و روش کار آن را توضیح خواهیم داد و امیدواریم باب جدیدی در این زمینه باز شود.

ج) مدل ریاضی

[1] Vehicle routing problem
[2] Particle swarm optimization
[3] Variable Neighborhood Search

در خصوص مسائل مسیر یابی مدل های ریاضی متعدد وجود دارد در این بخش نیز یک مدل ریاضی بصورت زیر با تعدادی از محدودیت ارائه گردیده است. همانگونه که توضیح داده شد نوآوری این مقاله در حل مدل های مسیر یابی وسایل نقلیه می باشد.

پارامترهای مدل:

i=1,2,…n =مجموعه m انبار منطقه ای

j=m+1,m+2,…, m+n مجموعه n مشتری

K=1,2,--,k مجموعه k وسیله نقلیه موجود

r=1,2,…R: مجموعه R مسیر

a=1,2,…A :مجموعه a کالای قابل توزیع

Q_K:ظرفیت وسیله نقلیه K به واحد حجم

V_a: حجم هر قلم کالای a

d_{ja} :تقاضای مشتری j برای کالای a

C_{ia}:ظرفیت انبارi برای عرضه کالای a

X_{ijr}^k:اگر وسیله K در مسیر r بلافاصله در نقطه i به نقطه j برود یک و در غیر اینصورت صفر

Z_{ij}:اگر مشتری j به انبارi اختصاص یابد یک و در غیر اینصورت صفر

w_a:وزن هر قلم کالای a

U_k:وزن متحمل شده وسیله نقلیه k به واحد کیلوگرم

$$MINZ = \sum_{i=1}^{m+n}\sum_{j=1}^{m+n}\sum_{k=1}^{k}\sum_{r=}^{R} C_{ij}\, X_{ijr}^k \qquad (1)$$

St

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{K}\sum_{r=1}^{R} X_{ijr}^k = 1 \qquad (2)$$

$$j = m+1, m+2, \dots m+n$$

$$\left[\sum_{j=m+1}^{m+n}\sum_{a=1}^{A} V_a\right]\left[\left[\sum_{i=1}^{m+n} X_{ij}^k\right] =< Q_K\right. \qquad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ijr}^k - \sum_{j=1}^{m+n} X_{jir}^k = 0 \qquad (4)$$

$$k = 1,2, \dots K$$

$$r = 1,2, \dots R$$

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ijr}^k = 1 \qquad (5)$$

$$k = 1,2, \dots K$$

$$r = 1,2, \dots R$$

$$j = m+1, m+2, \dots m+n$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m+n} X_{ijr}^k =< 1 \qquad (6)$$

$$k = 1,2, \dots K$$

$$r = 1,2, \dots R$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{a=1}^{A} d_{ja}Z_{ij} =< \quad (7)$$
$r = 1,2, \dots R$
$J = m+1, m+2, \dots m+n$
$$\sum_{j=1}^{m+n} (X_{ijr}^{k} + X_{ijr}^{k}) - Z_{ij} =< 1 \quad (8)$$

$i = 1,2, \dots \dots m$
$j = m+1, m+2, \dots m+n$
$k = 1,2, \dots K$
$r = 1,2, \dots R$
$$\left[\sum_{j=m+1}^{m+n}\sum_{a=1}^{A} d_{ja}w_a\right]\left[\sum_{i=1}^{m+n} X_{ijk}^{k}\right] =< U_k \quad (9)$$
$X_{ijr}^{k} \epsilon \langle 0,1 \rangle$
$i = 1,2, \dots \dots m$
$j = m+1, m+2, \dots m+n$
$k = 1,2, \dots K$
$r = 1,2, \dots R$
$Z_{ij} \epsilon \langle 0,1 \rangle$
$i = 1,2, \dots \dots m$
$j = m+1, m+2, \dots m+n$
$y_{ijr} \geq 0$

د) الگوریتم ژنتیک:

از سال ۱۹۶۰ ایده‌ی تقلید از پدیده های طبیعی برای توسعه الگوریتم های قوی جهت حل مسائل بهینه پیچیده مورد توجه قرار گرفته است. الگوریتم ژنتیک که گونه ای از الگوریتم های تکاملی محسوب میشود. اولین مدل الگوریتمیک بر مبنای شبیه سازی سیستم های ژنتیکی است.در این الگوریتم روش جستجو بر مبنای ساختار ژن و کروموزوم است.که اولین بار توسط جان هالند، مطرح شد. کاربرد های جدی و موفق الگوریتم ژنتیک از سال ۱۹۸۹ با نوآوری های گلدبرگ آغاز شد و در گستره وسیعی از علم به کار گرفته شد.

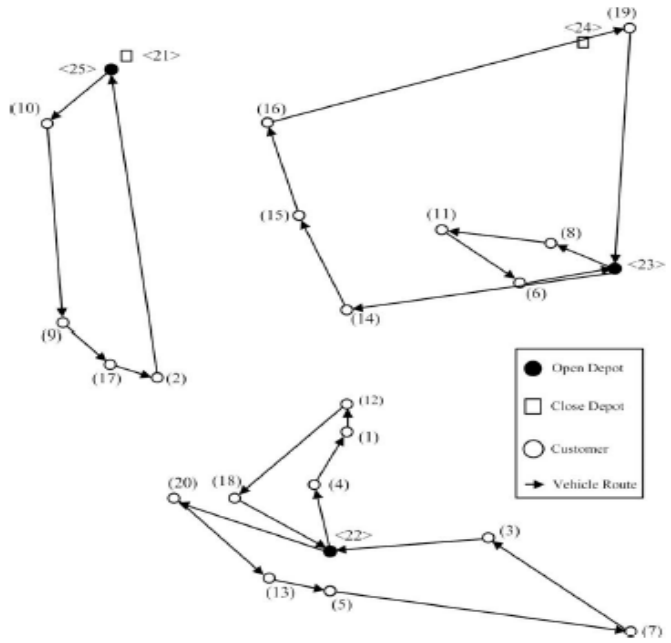
الگوریتم ژنتیک در زمره ی الگوریتم ها با جستجوی تصادفی قرار دارد. و در عین تصادفی بودن دارای یک ساختار هدف گرا میباشد و به همین دلیل در گروه الگوریتم های تکامل یافته ی روش های تصادفی قرار گرفته اند. و بر مبنای نظریه تکاملی داروین درباره حیات بهترین ها استوار است. الگوریتم ژنتیک با جمعیتی که کروموزوم نامیده میشود کار می کند. و این کروموزوم جوابهای کد شده در مساله هستند. هر کروموزوم از واحد پایه ای بنام ژن ساخته میشود. تابع برازش میزان موفقیت کروموزوم ها را تعیین می کند و جمعیت اولیه به صورت تصادفی ایجاد می شود. پس از ایجاد جمعیت اولیه الگوریتم ژنتیک وارد حلقه ای میشود که در آن به ایجاد نسل های بعدی به امید رسیدن به جواب بهتر می پردازد. زیرا روش های که برای ایجاد جمعیت جدید استفاده شده است با توجه به مناسب بودن آنها صورت گرفته. پس بهترین ها شانس بیشتری برای تولید مثل خواهند داشت و ایجاد این نسل جدید با استفاده از سه عمل اصلی انتخاب، تقاطع و جهش صورت می گیرد. این جمعیت جدید با توجه به شرط خاتمه مورد ارزیابی قرار میگیرد و اگر شرط محقق نشود دوباره حلقه ادامه پیدا می کند تا جمعیت جدید را بدست آورد. هر چند ممکن است این راه حل ها هیچ کدام جواب بهینه نباشد.

ه) نمایش جواب:

در این مساله ما از روش کد کردن جواب ها به شیوه ای جدید استفاده میکنیم. فرض کنید شکل زیر یک نمونه از جواب های موجود برای این مساله باشد

24	0	0	25	10	9	17	2	23	14	15	16	19	0	8	11	6	22	0	0	4	1	12	18	20	13	5	7	3	21

Fig. 1. An example of solution representation.



شکل شماره (۱): یک نمونه از جواب های ارائه شده

همانطوریکه از شکل بالا برداشت میشود هر جواب از مساله ی شامل جایگشتی از تعداد مراکز خدمات دهنده و تعدادی صفر و تعداد نقاط تقاضا خواهد بود. و همانطور که می دانیم تعداد نقاط تقاضا، تعداد مراکز جمع آوری زباله قابل شمارش خواهند بود و از قبل معین هستند و اما تعداد صفرهای جداکننده چگونه معین خواهند شد؟

این تعداد از صفرهای جدا کننده با توجه به ظرفیت وسایل نقلیه موجود بدست می آیند و در واقع این صفرها طوری در جواب قرار داده می شوند که ظرفیت هر وسیله نقلیه در مسیرها رعایت شود.

در این شکل فرض شده که تعداد مراکز تقاضا۲۰ و تعداد مراکز ارائه خدمات ۵ عدد باشد. و فرض شده که مراکز تقاضا شماره هایی به ترتیب از ۱ تا ۲۰ و مراکز ارائه خدمات شماره های به ترتیب از ۲۱تا ۲۵ (که تعداد آنها ۵ است) را به خود اختصاص دهند. و تعداد صفر های موجود در جواب نیز ۵ در نظرگرفته شده است. حال با توجه به این ۲۵ عدد ، جایگشتی از آنها بدست می آوریم و از صفرهای موجود برای رعایت محدودیت ظرفیت وسایل نقلیه استفاده می کنیم. مثلا انبار ۲۳ را در شکل ارائه شده در نظر بگیرید.

این انبار، انباری باز خواهد بود(چون بعد از آن و انبار بعدی یک سری نقطه تقاضا (اعدد ۲۰ و کمتر از آن) وجود دارد در غیر این صورت انبار را انبار بسته گویند) پس تقاضای مشتریان بعد از آن به این انبار اختصاص می یابد و آنها را به نوبت با هم جمع می کنیم (و یک وسیله نقلیه به طور رندوم انتخاب میکنیم)و هرگاه بیشتر از ظرفیت وسیله ی نقلیه شد توقف میکنیم و عدد صفر را قرار داده و بقیه جواب یک خانه به سمت راست حرکت می دهیم. پس همانطوری که از شکل جواب معین می شود در انبار ۲۳ دو وسیله نقلیه بکارگرفته می شود زیرا دو مسیر در این انبار موجود است.

و) ایجاد جواب های اولیه:

از ویژگی های برجسته این مقاله استفاده از الگوریتم حریصانه برای تولید جواب های اولیه تصادفی استفاده کرده ایم برای درک نحوه عملکرد این الگوریتم به مثال زیر توجه کنید:

مثال) فرض کنید ۵ نقطه تقاضا و ۲ نقطه ارائه خدمات داشته باشیم. حال توسط نرم افزار متلب یک جواب تصادفی به صورت زیر تولید می کنیم:

۴	۳	۲	۶	۵	۱	۷

با توجه به بالا اعداد ۶ و ۷ مراکز ارائه خدمات خواهند بود و دیگر نقاط مراکز تقاضا خواهند بود.و سه نقطه ۴و۳و۲ نقاط تقاضای اند که به هیچ نقطه ای اختصاص پیدا نکرده اند حال ما این نقاط اختصاص پیدا نکرده را برحسب فاصله به نزدیکترین مرکز ارائه خدمات تخصیص خواهیم داد. و در مرحله بعد صفرهای جداکننده برای هر مسیر را قرار خواهیم داد تا مسیرها معین شوند.

ز) ایجاد همسایگی از جواب ها:

ما در این مقاله با توجه به ویژگی های مساله از سه عملگر برای تولید جوابهای همسایگی استفاده کرده ایم.

- عملگر جابجایی(معاوضه):در این عملگر دو ژن به صورت تصادفی انتخاب می شود و انها را با هم جابجا خواهیم کرد.
- عملگر درج: گام های این عملگر به صورت زیر خواهد بود:

  گام اول: دو نقطه را برای تولید نسل به صورت رندوم بین، یک و طول والد انتخاب کنید.

  گام دوم: نقطه انتخاب شده ی دوم را به قبل از پوزیشن نقطه انتخاب شده اول منتقل کنید.
- عملگر معکوس: برای تعیین بهترین مسیر در هر مرکز ارائه دهنده خدمات از این عملگر استفاده خواهیم کرد.

  گام اول: دو نقطه (a,b) را به صورت رندوم انتخاب کنید.

  گام دوم: اعداد مابین آنها را به صورت معکوس بین آنها قرار دهید.

ضمنا صفرهای جداکننده در هر سه عملگر به عنوان نقطه تقاضا در نظر گرفته شده و رفتای شبیه به این نقاط با انها می شود.

ح) تابع پنالتی:

روش استفاده از تابع پنالتی(تابع جریمه) از متداول ترین تکنیک های مورد استفاده برای جلوگیری از پذیرش جواب هایی بدون کیفیت است که این روش با توجه به میزان تجاوز جواب از محدودیت ها یک جریمه به آن اختصاص داده می شود و این جریمه در تابع هدف مساله قرار می گیرد. تابع پنالتی باعث می شود جواب در جمعیت باقی بماند و این امکان وجود دارد که در مرحله بعد، این جواب حتی تبدیل به بهینه شود. ما در این الگوریتم یک هفتم از میانگین نسل اول را به عنوان جریمه در مراحل بعد در نظر گرفته ایم.

و) انتخاب نسل جدید:

بعد از انجام عمل جهش و تقاطع تعدادی از جمعیت اصلی با توجه به میزان شایستگی (مقدار تابع هدف بهتر)به نسل بعد منتقل خواهند شد و بقیه ی جمعیتی که به نسل بعد می روند را فرزندان تشکیل می دهند. تعداد جمعیت اصلی که به نسل بعد می روند،خود یک پارامتر تاثیر گذار است. در این الگوریتم در هر مرحله بهترین جواب به نسل بعد می رود و بقیه ی جمعیت را فرزندان تولید شده در هر مرحله تشکیل می دهند.که این با چندین بار اجرای برنامه در بعدهای مختلف از مساله بدست آمده است.

ز) تنظیم پارامتر:

برای اینکه هر یک از الگوریتم ها بتوانند به طور موثر و کار آمد عمل کنند پارامترهای موثر در آنها باید مقداری موثر داشته باشند. در جدول زیر مقدار هر پارامتر بطور دقیق آورده شده، که این مقادیر پس از چندین بار آزمایش الگوریتم ها با مقادیر متفاوت از هر پارامتر بروی کامپیوتری با مشخصات پردازشگر $\mathrm{int}el(R)-pentium(R),2.2GHz,RAM\ 2GB$ بدست آمده است.

جدول شماره(۲): تنظیم پارامترها

شرط خاتمه	تعدادی که به نسل بعد می رود.	احتمال هر عملگر	جمعیت اولیه	الگوریتم
۱۶ برابر تعداد نقاط تقاضا=تعداد نسل های الگوریتم	۱۰	۰/۳	۳۰	GA & GR

ح) مقایسه ی روش حل با روش های موجود:

با توجه به اینکه مساله ی ارائه شده در این مقاله حالتی از مساله ی مسیریابی است پس برای اثبات الگوریتم ارائه شده نمونه مسائل موجود در ادبیات موضوع را توسط این الگوریتم حل کرده ایم و نتایج حاصله را در جدول زیر ارائه داده ایم.

در جدول زیر نتایج حاصل از حل هر مثال توسط الگوریتم ها در هر نمونه از مسائل آورده شده که بعد از اجرای الگوریتم در جدول زیر ثبت شده است. لازم به ذکر است که نمونه مساله های مورد بررسی در این تحیق از لینک زیر قابل دستیابی است.

جدول شماره(۳): نمونه مسئله های اول

شماره مسئله	الگوریتم پیشنهادی	بهترین جواب موجود در کل روش ها
-۱	۵۷۶/۸۷	۵۷۶/۸۷
-۲	۴۷۳/۵۳	۴۷۳/۵۳
-۳	۶۴۱/۱۹	۶۴۱/۱۹
-٤	۱۰۰۱/۵۹	۱۰۰۱/۵۹
-۵	۷۵۰/۰۳	۷۵۰/۰۳
-٦	۸۹۰	۸۷۶/۵۰
-۷	۸۸۵/۸	۸۸۵/۸۰
-۸	۴۴۳۷/۶۸	۴۴۳۷/۶۸
-۹	۳۹۰۰/۲۲	۳۹۰۰/۲۲
-۱۰	۳۶۶۵	۳۶۶۲/۰۳
-۱۱	۳۵۵۵/۱۲	۳۵۵۴/۱۸
-۱۲	۱۳۱۸/۹۵	۱۳۱۸/۹۵
-۱۳	۱۳۶۰/۱۲	۱۳۶۰/۱۲
-۱٤	۲۵۰۵/۴۲	۲۵۰۵/۴۲
-۱۵	۲۵۷۲/۲۳	۲۵۷۲/۲۳
-۱٦	۲۷۰۹/۰۹	۲۷۰۹/۰۹
-۱۷	۳۸۱۲/۲۳	۳۷۰۲/۸۵
-۱۸	۳۸۲۷/۰۶	۳۸۲۷/۰۶
-۱۹	۴۰۵۸/۰۵	۴۰۵۸/۰۵

-۲۰	۵۴۸۴/۷۴	۵۴۸۴/۷۴
-۲۱	۵۷۰۲/۱۶	۵۷۲۱/۰۳
-۲۲	۶۰۹۵/۴۶	۶۱۲۰/۱۲

جدول شماره(۴): نمونه مساله های دوم

شماره مسئله	الگوریتم پیشنهادی	بهترین جواب موجود در کل روش ها
-۱	۸۶۱/۳۲	۸۶۱/۳۲
-۲	۱۳۰۸/۰۲	۱۳۰۷/۶۱
-۳	۱۸۰۶/۶	۱۸۰۶/۶۰
-٤	۲۰۷۵/۱۲	۲۰۷۲/۵۲
-۵	۲۳۸۵/۷۷	۲۳۸۵/۷۷
-٦	۲۷۲۳/۲۷	۲۷۲۳/۲۷
-۷	۱۰۸۹/۶	۱۰۸۹/۵۶
-۸	۱۶۶۶/۶	۱۶۶۶/۶۰
-۹	۲۱۵۳/۱	۲۱۵۳/۱۰
-۱۰	۲۹۲۱/۸۵	۲۹۲۱/۸۵

۳-نتایج و بحث

یکی از مسائل مهم در دنیای امروز مساله ی مسیریابی وسایل نقلیه است.این مساله از نوع مسائل $NP-Hard$ به حساب می آید و کاربرد فراوانی دارد. در این پژوهش مساله مسیریابی وسایل نقلیه با توجه به ظرفیت های متفاوت در حالت تک هدفه با هدف به حداقل رساندن هزینه های ناشی از حمل و نقل در کل شبکه مورد بررسی قرار گرفت. یکی از محدودیتهای در نظر گرفته شده در انجام این تحقیق، محدودیت تعداد وسایل نقلیه موجود در شبکه و ظرفیت های هر وسیله است. با این وجود، نوع روش حل انتخابی این قابلیت را دارد که دیگر محدودیت ها را نیز به آن اضافه کنیم ولی محققان به محدودیت تعداد وسایل نقلیه اکتفا کرده و سعی شد برای حل مساله از الگوریتمی جدید بهره گرفته شود. مدل ریاضی ارایه شده در این تحقیق به صورت پارامترهای مدل با تعدادی از محدودیت ارائه گردید و از الگوریتم ژنتیک جهت حل مسائل بهینه پیچیده بهره گرفته شد تا پس از ایجاد جمعیت اولیه، الگوریتم ژنتیک برای رسیدن به جواب بهتر وارد حلقه شود ودر نهایت نسل جدیدی با استفاده از سه عمل اصلی انتخاب، تقاطع و جهش ایجاد شود. با توجه به شرط خاتمه جمعیت جدید مورد ارزیابی قرار گرفته و اگر شرط محقق نشود حلقه دوباره ادامه پیدا می کند تا جمعیت جدید ایجاد شود.

تعداد مراکز تقاضا در این بررسی بیست مرکز و تعداد مراکز ارائه خدمات پنج مرکز در نظر گرفته شد که از ۱ تا ۲۵ شماره گذاری گردید و جایگشتی از آنها با توجه به این ۲۵ عدد بدست آمد. انبار از نوع انبار باز در نظر گرفته شد و در انتخاب وسیله نقلیه از روش انتخاب تصادفی بهره گرفته شد که در دو مسیر در حرکت می باشد. محققان از الگوریتم حریصانه برای تولید جواب های اولیه تصادفی استفاده کردند که از جنبه های نوآوری در این مقاله به شمار می رود.

همچنین، با توجه به ویژگی های مساله، برای تولید جوابهای همسایگی از سه عملگر جابجایی(معاوضه)، عملگر معکوس برای تعیین بهترین مسیر در هر مرکز ارائه دهنده خدمات و عملگر درج استفاده شد. با استفاده از تابع جریمه جواب هایی بدون کیفیت حذف شد و با انتخاب نسل جدید مقدار هر پارامتر بطور دقیق محاسبه گردید که این مقادیر پس از چندین بار آزمایش الگوریتم ها با مقادیر متفاوت از هر پارامتر بروی کامپیوتری با مشخصات پردازشگر بدست آمد. نتایج حاصل از حل هر مثال توسط الگوریتم ها در جدول شماره ۳ و ۴ آورده شده که شامل شماره مساله، الگوریتم پیشنهادی و در نهایت بهترین جواب موجود در کل روش ها است.

پس با توجه به نیاز های موجود در این زمینه محققان مساله ی مسیریابی وسایل نقلیه را با استفاده از الگوریتم جدیدی حل کرده و در واقع الگوریتم جدید دارای مزیت هایی نسبت به الگوریتم های قبلی ارایه داده اند. این الگوریتم از ترکیب ساختار الگوریتم ژنتیک و الگوریتم حریصانه بدست آمده که بعد از آزمون شدن بروی چندین نمونه مساله‌ی موجود در ادبیات موضوع کارایی آن اثبات شده است. همچنین مساله مورد بررسی در این تحقیق مساله مسیریابی وسایل نقلیه با ظرفیت های متفاوت می باشد که کاربردی بیشتری در این نوع مسائل دارد.

با توجه به نتایج بدست آمده الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم قبلی موجود در این زمینه هم جواب های باکیفیت تری ارائه می کند و هم از نظر زمانی عملکرد بهتری داشته است و علت این چنین عملکردی استفاده از ساختار الگوریتم ژنتیک و الگوریتم حریصانه است و در نهایت پیشنهاد می شود این الگوریتم را با دیگر الگوریتم های موجود در این زمینه یا عملگرهای دیگر یا اهداف دیگر ترکیب کنید تا نحوه عملکرد این الگوریتم در آن حالتها نیز بررسی شود.

٤- منابع

1. Banos, R., Ortega, J., Gil, C. (1959). Marquez, A.L & de Toro, F.A., Hybrid meta-heuristic for multi-objective vehicle routing problems with time windows ,Computers & Industrial Engineering, 2013 (65): 286-296.
2. Baozhen, Yao, Bin Yu, Ping Hu, Junjie, Gao. (2015). An improved particle swarm optimization for carton heterogeneous vehicle routing problem with a collection depot Mingheng Zhang.
3. Bookbinder, J. H., & Reece, K. E. (1988). Vehicle routing considerations in distribution system design. European Journal of Operational Research, 37, 204–213.
4. Bouhafs, L., Hajjam, A., & Koukam, A. (2006). A combination of simulated annealing and ant colony system for the capacitated location-routing problem. Lecture Notes in Computer Science, 4251, 409–416.
5. Gerhard Hiermann, Jakob, Puchinger, Stefan Ropke & Richard F., Hartl. (2016). The Electric Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Time Windows and Recharging Stations.
6. HoudaDerbel, BassemJarboui, SaïdHanafi, HabibChabchoub. (2012).Genetic algorithm with iterated local search for solving a location-routing problem. Expert Systems with Applications, 39, 2865-2871
7. Jacobsen, S. K., & Madsen, O. B. G. (1980). A comparative study of heuristics for a two-level routing-location problem. European Journal of Operational Research, 5,378–387.
8. Karp, R. (1972). Reducibility among combinatorial problems.In R. Miller & J. Thatcher (Eds.), Complexity of computer computations. New York, Plenum Press, 85–104.
9. Laporte, G., & Nobert, Y. (1981). An exact algorithm for minimizing routing and operating costs in depot location. European Journal of Operational Research, 6(2), 224–226.

10. Laporte, G., Nobert, Y., & Pelletier, P. (1983).Hamiltonian location problems. European Journal of Operational Research, 12, 80–87.
11. Lin, C. K. Y., Chow, C. K., & Chen, A. (2002). A location-routing-loading problem for bill delivery services. Computers & Industrial Engineering, 43(1–2): 5–25.
12. Madsen, O. B. G. (1983). Methods for solving combined two level location routing problems of realistic dimensions. European Journal of Operational Research, 12, 295–301.
13. Marinakis, Y., & Marinaki, M. (2008). A particle swarm optimization algorithm with path relinking for the location routing problem. Journal of Mathematical modeling and algorithms, 7, 59–78.
14. Min, H., Jayaraman, V., & Srivastava, R. (1998). Combined location-routing problems: A synthesis and future research directions. European Journal of Operational Research, 108(1): 1–15.
15. Monirehalsadat Mahmoudi, Xuesong Zhou. (2016). Finding optimal solutions for vehicle routing problem with pickup and delivery services with time windows: A dynamic programming approach based on state–space–time network representations School of Sustainable Engineering and the Built Environment, Arizona State University, Tempe, AZ 85281, USA
16. Nagy, G., & Salhi, S. (2007). Location-routing: Issues, models and methods. European Journal of Operational Research, 177, 649–672.
17. Prins, C., Prodhon, C., & Wolfler Calvo, R. (2004). Nouveaux algorithms pour le problems de localisationetroutage sous contraintes de capacité. In Proceedings of the MOSIM', 04, (2): 1115–1122): Lavoisier, Ecole des Mines de Nantes, France.
18. Prins, C., Prodhon, C., & Wolfler Calvo, R. (2006). Solving the capacitated location-routing problem by a GRASP complemented by a learning process and a path relinking. 4OR, 4(3): 221–238.
19. Prins, C., Prodhon, C., & Wolfler Calvo, R. (2006).A memetic algorithm with population management (MA|PM) for the capacitated location-routing problem. Lecture Notes in Computer Science, 3906, 183–194.
20. Prins, C., Prodhon, C., Ruiz, A., Soriano, P., &WolflerCalvo, R. (2007).Solving the capacitated location-routing problem by a cooperative Lagrangean relaxation granular tabu search heuristic. Transportation Science, 41(4), 470–483.
21. Salhi, S., & Rand, G. K. (1989). The effect of ignoring routes when locating depots. European Journal of Operational Research, 45, 150–156.
22. Tavakkoli-Moghaddam, Reza, Masoudi, Shaqayeq & Eghbali, Hamed. (2016). Solving a New Mathematical Model for a Multi-Objective and Multi-Depot Vehicle Routing Problem by a Non-dominated Sorting Genetic Algorithm,167-175
23. Vincent F., Yu, Shih-Wei Lin, Wenyih, Lee, & Ching-Jung Ting. (2009). A simulated annealing heuristic for the capacitated location routing problem. Computers & Industrial Engineering, 58, 288-299.

24. Yousefikhoshbakht1, M. & Khorram, E. (2012). Solving the vehicle routing problem by a hybrid meta-heuristic algorithm. Journal of Industrial Engineering International, 8(11): 1-9.

25. Wu, T. H., Low, C., & Bai, J. W. (2002). Heuristic solutions to multi-depot location-routing problems. Computers & Operations Research, 29(10), 1393–1415.