

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۰۶/۱۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۱۲/۲۰

به کارگیری الگوریتم‌های فراابتکاری برای مسیریابی پویا در شبکه ترافیک شهری

هدیه حداد*

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر، دانشگاه شهیدبهشتی
h.haddad@mail.sbu.ac.ir

منیره عبدوس

استادیار، دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر، دانشگاه شهیدبهشتی
m_abdoos@sbu.ac.ir

چکیده

در ادامه نتایج حاصل از الگوریتم سنجاقک در رویکرد پویا ارائه شده است که در مقایسه با حالت ایستا، نشان از بهبود چشمگیر دقت این الگوریتم دارد و میزان انحراف $1/3477\%$ را نسبت به حالت ایستا دارد. **واژه‌های کلیدی:** مسئله مسیریابی وسایل نقلیه، الگوریتم‌های فراابتکاری، مدل‌سازی ریاضی، سیستم حمل‌ونقل هوشمند، مدیریت زنجیره تأمین

۱- مقدمه

مسئله مسیریابی وسایل نقلیه^۱ (VRP) و انواع مختلف آن یک حوزه مطالعاتی مهم در صنعت حمل‌ونقل و زنجیره تأمین است. صنعت توزیع کالا به دلیل ارتباط با تصمیمات موجودی، تولید و همچنین هزینه‌های تحویل کالا به مشتری به عنوان نقطه عطفی در فعالیت‌های تجاری محسوب می‌شود. این مسائل از جمله مسائل بهینه‌سازی ترکیبی هستند که با شاخه‌های ریاضی، اقتصاد، علوم رایانه و تحقیق در عملیات مرتبط هستند [۱].

مسئله مسیریابی وسایل نقلیه به مسئله‌ای اطلاق

یکی از مسائل مهمی که در حوزه حمل‌ونقل هوشمند مطرح می‌شود، مسئله مسیریابی وسایل نقلیه برای خدمت به مجموعه‌ای از مشتریان است. مسیریابی برای تعیین مجموعه‌ای از بهترین مسیرها توسط ناوگان وسایل نقلیه، موردنیاز است و یکی از مهم‌ترین مسائل بهینه‌سازی و مدیریت زنجیره تأمین است، به همین منظور در این مقاله برای یافتن بهترین مسیر سرویس‌دهی به مجموعه‌ای از مشتریان که از پیش تعیین شده‌اند از الگوریتم سنجاقک استفاده شده است و نتایج حاصل از آن را با جواب بهینه حاصل از الگوریتم‌های ژنتیک، جستجوی همسایگی متغیر و شبیه‌سازی تبرید، ابتدا در ابعاد کوچک و سپس در ابعاد بزرگ، مقایسه کرده‌ایم.

در ابعاد کوچک جواب به دست آمده نزدیک به جواب دقیق و واقعی است و در ابعاد بزرگ از لحاظ زمانی، میانگین انحراف از بهترین زمان اجرا روی هر نمونه مسئله، $1/52\%$ است و از لحاظ دقت نیز میزان انحراف $19/6385\%$ به دست آمده که نتایج قابل قبولی است.

1- Vehicle Routing Problem

* نویسنده مسئول

می‌شود که در آن هدف، تعیین مسیرهای بهینه برای تعدادی وسیله نقلیه مستقر در دیپو^۲ یا انبار است که بایستی به مجموعه‌ای از مشتریان که هر یک دارای تقاضای معینی هستند، مراجعه نموده و خدمتی ارائه دهند. این خدمت می‌تواند تحویل کالا، برداشت کالا و یا تلفیقی از هر دو باشد. اهداف معمول و اصلی در ادبیات موضوع این مسئله کمینه‌سازی کل مسافت پیموده شده و کمینه‌سازی تعداد وسایل نقلیه مورد استفاده است.

دنتزیگ و رامسر [۲] برای اولین بار مسئله مسیریابی را در قالب یک مسئله مرکزی در حوزه حمل‌ونقل، توزیع و تدارکات مطرح کردند و برای حل این مسئله یک مدل‌سازی و الگوریتم ریاضی ارائه کردند. سپس کلارک و رایت [۳] به منظور حل این مسئله، رویکرد ابتکاری الگوریتم صرفه‌جویی را پیشنهاد کردند که به عنوان بهترین روش تولید مسیر شناخته شد و مبنای بسیاری از تحقیقات بعدی قرار گرفت. گیوسا و همکاران [۴] مسئله مسیریابی وسایل نقلیه چند انبار، را مورد کنوکاو قرار دادند در این مقاله، شش الگوریتم ابتکاری را برای تخصیص مشتریان به انبارها طراحی و مقایسه کردند که در عین حال از همین روش‌های ابتکاری برای هر انبار نیز استفاده شده است. ناجی و همکاران [۵] تعدادی روش ابتکاری برای مسایل تک قرارگاهی با تجمیع و توزیع ارائه کردند که این روش‌ها برای مسایل چندقرارگاهی نیز قابل توسعه بودند. توکلی مقدم و همکاران [۶] مسئله مسیریابی با طول مسیرهای مستقل را مطرح کردند که هدف این مسئله کمینه کردن هزینه ناوگان وسایل نقلیه ناهمگن و حداکثر استفاده از ظرفیت وسایط نقلیه است. فاضل زرنندی و همکاران [۷] از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید برای مسئله مسیریابی- مکان‌یابی با زمان‌های فازی استفاده کردند. در ادامه قنادپور و همکاران [۸] یک مسئله مسیریابی-زمان‌بندی وسیله نقلیه چند هدفی با در نظر گرفتن عدم قطعیت در درخواست و اولویت مشتری‌ها را مطرح کردند. آن‌ها برای ارائه مدل خود، از مدل مسیریابی با هدف جلب رضایت

مشتریان با توجه به پنجره زمانی که از پیش تعریف شده بود به‌عنوان یک مدل چند هدفی استفاده کردند که در آن به دنبال کمینه کردن تعداد وسایل نقلیه، مسافت پیموده شده، زمان انتظار تحمیل شده به وسایل نقلیه و همچنین بیشینه کردن سطح رضایت مشتریان در قالب الگوریتم‌های ابتکاری، فراابتکاری^۳ بودند.

الگوریتم‌های فراابتکاری، الگوریتم‌های عمومی می‌باشند که برای حل اغلب مسائل بهینه‌سازی قابل‌استفاده می‌باشند. بر خلاف الگوریتم‌های دقیق، الگوریتم‌های فراابتکاری برای مسائل با اندازه‌های بزرگ کاربرد داشته و راه‌حلی رضایت بخش در زمان معقولی ارائه می‌نمایند. در این الگوریتم‌ها، هیچگونه ضمانتی برای یافتن جواب بهینه (بهینه سراسری) حدودی از آن وجود ندارد. با توجه به دو مشکل اصلی الگوریتم‌های ابتکاری یعنی قرار گرفتن آن‌ها در جواب‌های بهینه محلی و عدم قابلیت آن‌ها برای کاربرد در مسائل مختلف، الگوریتم‌های فراابتکاری در مقابله با این دو مشکل بسیار کارا می‌باشند [۹].

الگوریتم‌های فراابتکاری را در بحث مسیریابی وسایل نقلیه، بیشتر از مفاهیم الگوریتم‌های ابتکاری سازنده و بهبوددهنده استفاده می‌کنند و معمولاً قادر به پیدا کردن جواب‌هایی بهتر از الگوریتم‌های ابتکاری اما در زمان بیشتر می‌باشند. این الگوریتم‌ها به دو دسته الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت و الگوریتم‌های مبتنی بر جستجوی محلی تقسیم‌بندی می‌شوند [۱۰]. الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت، یک جمعیت از راه‌حل‌ها را مورد استفاده قرار داده و در طول فرایند جستجو آن‌ها را تغییر می‌دهند. در الگوریتم‌های مبتنی بر جستجوی محلی یک راه‌حل ساخته شده، به تنهایی به‌عنوان جواب اولیه در نظر گرفته می‌شود و تغییرات روی همان جواب اعمال می‌گردد. معمولاً در الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت، جواب اولیه با استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری مختص مسئله مورد نظر ساخته می‌شوند [۱۱].

با توجه به این‌که مسئله مسیریابی وسایل نقلیه، از

نوع مسائل با اندازه‌های بزرگ هستند، الگوریتم‌های فراابتکاری برای حل این مسائل، کارایی بهتری نسبت به الگوریتم‌های ابتکاری دارند. اغلب تحقیقات انجام شده، مسئله را به صورت ایستا در نظر گرفته‌اند. از آنجا که ذات مسئله مسیریابی و سائل نقلیه از نوع مسائل پویا است و پارامترهای آن متناسب با زمان تغییر می‌کند، این روش‌ها دارای دقت پائینی هستند.

روش پیشنهادی در این مقاله، ارائه الگوریتم فراابتکاری در رویکرد پویا در حل این نوع مسائل است که با توجه به مطالعات انجام شده تاکنون در این زمینه روشی ارائه نشده است.

ساختار این مقاله به صورت زیر است: در بخش دوم، الگوریتم فراابتکاری سنجاکک به‌عنوان الگوریتم پیشنهادی معرفی می‌شود. در ابتدا مدل‌سازی ریاضی مسئله بیان شده و سپس به معرفی الگوریتم در دو حالت ایستا و پویا پرداخته شده است. در بخش سوم نتایج محاسباتی حاصل از روش پیشنهادی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. در بخش چهارم، نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی بیان شده است.

۲- روش پیشنهادی

ما یک مشکل بهینه‌سازی مسیر را برای ناوگان و سائل نقلیه تحویل شهری در نظر می‌گیریم که در حالت باز قرار دارد و شامل چندین قرارگاه می‌باشد. مجموعه‌ای از مشتریان با تقاضای از پیش تعریف شده در سطح شهر پخش می‌شوند و ما یک دپو یا انبار واحد را در نظر می‌گیریم که کلیه وسایل نقلیه تحویل دهنده باید مسیرهای مربوطه خود را از آنجا شروع ولی لزومی به پایان رساندن مسیر خود در آنجا ندارند، همچنین ظرفیت وسایل نقلیه محدود می‌باشد، یعنی هر مشتری با هر مقدار بار را نمی‌تواند سرویس‌دهی کنند و فقط با توجه به محدودیت بار خود می‌توانند یکی یا تعدادی از مشتریان را انتخاب و سرویس‌دهی کنند. تعداد مشتری‌ها، تقاضای مشتری‌ها

و تعداد دپوها محدود هستند و هر مشتری تنها توسط یک ماشین می‌تواند سرویس‌دهی شود و امکان این که چند ماشین به یک مشتری سرویس بدهند و یا سرویس بین ماشین‌ها تقسیم شود وجود ندارد، و با توجه به این که تعداد وسایل نقلیه در هر دپو محدود و معلوم می‌باشد بنابراین تقاضای هر مشتری همان‌طور که توسط یک ماشین پاسخ داده می‌شود، توسط یک دپو هم سرویس‌دهی خواهد شد. اما محدودیت و اجباری برای سرویس‌دهی از یک دپوی خاص و یا توسط یک ماشین خاص وجود ندارد.

۱-۲ مدل‌سازی ریاضی مسئله و عامل‌ها

در ادامه به ارائه مفروضات مدل و سپس فرمول‌بندی آن می‌پردازیم. در این جا مدلی ارائه می‌شود که برای مسئله مسیریابی چندقرارگاهی در حالت باز با در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود در دنیای واقعی در نظر گرفته شده است که هدف آن، حداقل‌سازی هزینه‌های سفر و تعداد وسایل نقلیه مورد استفاده در سیستم حمل‌ونقل است و از مدل ارائه شده توسط الحسینی [۱۲] الهام گرفته شده است. در این مدل مجموعه‌ای از عوامل بر روی عملکرد این سیستم تاثیرگذار می‌باشد که آثار آن را می‌توان بر روی خروجی سیستم مشاهده کرده، پس از تحلیل سیستم و مشخص کردن جزئیات ساز و کار این سیستم حمل‌ونقل، ما سه عامل را که به‌طور مستقیم بر این ساز و کار تاثیرگذار هستند را شناسایی کرده‌ایم که شامل وسایل نقلیه، مشتری‌ها و دپوها می‌باشد که لزوم تعامل بین عامل‌ها در این مسئله به وضوح مشخص است و همچنین پارامترها، متغیرها، تابع هدف و محدودیت‌های مدل برنامه ریزی آن به شرح زیر است:

N : تعداد کل مشتری‌ها $N=\{1, \dots, n\}$ ، گره 0 انبار مرکزی و گره $n+1$ به عنوان مقصد شناخته می‌شوند.
 d : طول یال بین دو گره i و j به طوری که: $d_{ij} = d_{ji}$
 (شبکه راه‌ها متقارن است).

FC_n : هزینه ثابت استفاده از وسیله نقلیه h به ازای فعال شدن آن

G_h : هزینه متغیر مسیریابی برای وسیله نقلیه h (هزینه هر واحد مسافت طی شده)

C_{ij} : هزینه حرکت خودرو به ازای سفر در مسیر بین یال ij

Q_h : ظرفیت وسیله نقلیه h

q_i : تقاضای مشتریان

M : یک عدد دلخواه بزرگ

X_{ijh} : اگر با وسیله h مستقیماً از شهر i به شهر j برویم.

Y_{ijh} : اگر مشتری i ام توسط وسیله h ملاقات شود.

U_{ih} : میزان بار برداشته شده از مشتری i ام توسط وسیله h .

تابع هدف و محدودیت‌های مسئله به شرح زیر است:

$$MinZ = \sum_{h=1}^K \sum_{i=1}^{D+N} \sum_{j=D+1}^{D+N} G_h \times X_{ijh} \times C_{ij} + \left(\sum_{i=1}^D \sum_{h=1}^K FC_h \times Y_{ih} \right) \quad (1)$$

$$\sum_{h=1}^K Y_{ih} = 1; (i = D+1, \dots, D+N) \quad (2)$$

$$1 \leq \sum_{h=1}^K \sum_{i=1}^D Y_{ih} \leq K \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^D Y_{ih} \leq 1; (h=1, \dots, K) \quad (4)$$

$$\sum_{h=1}^K Y_{ih} \leq V; (i=1, \dots, D) \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{D+N} X_{ijh} = Y_{ih}; (j = D+1, \dots, D+N), \forall h \quad (6)$$

$$\sum_{j=D+1}^{D+N} X_{ijh} \leq Y_{ih}; (i=1, \dots, D+N), \forall h \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{D+N} Y_{ih} \times q_i \leq Q_h; \forall h \quad (8)$$

$$u_{ih} - u_{jh} + Q_h \times X_{ijh} \leq Q_h - q_i; (i, j = D+1, \dots, D+N; i \neq j), \forall h \quad (9)$$

$$u_{ih} - u_{jh} + Q_h \times X_{ijh} + (Q_h - q_i - q_j) \times X_{ijh} \leq (Q_h - q_i); (i, j = D+1, \dots, D+N; i \neq j), \forall h \quad (10)$$

$$u_{ih} \leq Q_h - (Q_h - \max_{j \neq i}^{j=D+1, \dots, D+N} q_j) \times X_{zih} - \sum_{\substack{j=D+1 \\ j \neq i}}^{D+N} q_j \times X_{ijh}; (i = D+1, \dots, D+N), (z = 1, \dots, D), \forall h \quad (11)$$

$$q_i \leq u_{ih}; \forall i, h \quad (12)$$

$$X_{ijh} = 0; \text{if } i = j; \forall i, j, h \quad (13)$$

$$X_{ijh} \in \{0, 1\}; \forall i, j, h \quad (14)$$

$$Y_{ih} \in \{0, 1\}; \forall i, h \quad (15)$$

محدودیت (۲) تضمین می‌کند که فقط یک وسیله نقلیه از

میان تمام وسایل نقلیه موجود در تمام دپوها، به مشتری‌ها سرویس خواهد داد.

محدودیت (۳) بیانگر آن است که کل تعداد وسایل نقلیه درون سیستم و همه‌ی دپوها محدود خواهد بود.

محدودیت (۴) تمام وسایل نقلیه را ملزم می‌کند که مسیر توزیع خود را از یک دپو آغاز کنند.

محدودیت (۵) مربوط به محدودیت تعداد وسایل نقلیه‌ای می‌باشد که از هر دپو فعالیت خود را آغاز می‌کنند و شروع به سرویس‌دهی می‌کنند.

محدودیت (۶) بیانگر آن است که هر وسیله‌ی نقلیه، هر مشتری را تنها یکبار ملاقات می‌کند و مسیر ورودی به هر مشتری تنها می‌تواند یک شهر یا دپو باشد.

محدودیت (۷) تضمین می‌کند که مسیر خروجی از هر مشتری تنها می‌تواند یک شهر یا دپو باشد و در صورتی که این شهر، شهر آخر باشد، مسیر خروجی‌ای وجود نخواهد داشت.

محدودیت (۸) بیانگر این است که تعداد وسایل نقلیه دارای مقدار حداکثری است و از این مقدار تجاوز نخواهد کرد.

محدودیت (۹) تا محدودیت (۱۳) در واقع محدودیت‌هایی هستند که برای حذف زیرتور به‌شمار می‌روند، زیرتورها عبارتند از مسیرهایی که یک ماشین در حین سرویس‌دهی طی می‌کند و این مسیر شامل دپوها خواهد بود.

یکی از مشکلات رایج در حل مسائل مربوط به مسیریابی وسایل نقلیه به‌وجود آمدن زیرتورهاست که راه حل آن‌ها استفاده از زیرمجموعه‌ها برای گره‌هاست، که گره‌ها را به زیرمجموعه‌های دوتایی، سه تایی و n تایی تقسیم می‌کنند و در صورتی که مسئله مسیریابی بدون استفاده از این دسته‌بندی، زیرتور ایجاد کرد، از این زیرمجموعه‌ها استفاده خواهیم کرد و در غیر این صورت جواب حاصل، جواب بهینه مسئله خواهد بود.

محدودیت‌های (۱۲) تا (۱۵) هم، مشخص کننده فضای شدنی برای مقادیر حل می‌باشند.

۲-۲- الگوریتم پیشنهادی

الگوریتم بهینه‌سازی سنجاکک که به اختصار به آن

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^N V_j}{N} \quad (17)$$

- به طوری که V_j سرعت زامین همسایه را نشان می‌دهد.
- N تعداد افراد همسایه را نشان می‌دهد.

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^N X_j}{N} - X \quad (18)$$

- به طوری که X موقعیت سنجاکک فعلی است.
 - X_j موقعیت زامین همسایه سنجاکک را نشان می‌دهد.
 - N تعداد افراد همسایه را نشان می‌دهد.
- ۴- جذب شدن به سمت منبع غذا از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$F_i = X^+ - X \quad (19)$$

- به طوری که X موقعیت سنجاکک فعلی است.
 - همچنین X^+ موقعیت منبع غذا را نشان می‌دهد.
- ۵- گجی یا دفع شدن به نحوه زیر محاسبه می‌شود:

$$E_i = X^- + X \quad (20)$$

- به طوری که X موقعیت سنجاکک فعلی است
 - و پارامتر X^- موقعیت دشمن را نشان می‌دهد.
- فرض بر این است که رفتار سنجاکک‌ها می‌تواند ترکیبی از این پنج الگوی اصلاحی در این مقاله باشد. برای به‌روزرسانی موقعیت سنجاکک‌های مصنوعی در یک فضای جستجو و شبیه‌سازی حرکات آن‌ها، دو بردار در نظر گرفته شده است: گام (ΔX) و موقعیت (X). بردار مرحله شبیه به بردار سرعت در PSO است^۴ و الگوریتم DA بر اساس چارچوب الگوریتم PSO توسعه می‌یابد. بردار مرحله جهت حرکت سنجاکک را نشان می‌دهد و به شرح زیر تعریف می‌شود:

$$\Delta X_{t+1} = (sS_t + aA_t + cC_t + fF_t + eE_t) + w \Delta X_t \quad (21)$$

- به طوری که s وزن تفکیک را نشان می‌دهد، S_t نشان‌دهنده تفکیک از فرد t ام است، a وزن ترازبندی است، A_t هم تراز فرد t ام است، c وزن انسجام را نشان می‌دهد، C_t انسجام فرد t ام است، f منبع غذایی است، F_t منبع غذایی فرد t ام، e عامل اصلی دشمن، E_t موقعیت دشمن است، w وزن مرکز ثقل است و t شمارنده تکرار است.

10- Particle Swarm Optimization

الگوریتم (DA)^۴ گفته می‌شود یک الگوریتم تکاملی الهام گرفته از طبیعت است که رفتار سنجاکک‌ها را شبیه‌سازی می‌کند و در سال ۲۰۱۵ ارائه شده است، ایده اصلی الگوریتم سنجاکک الهام گرفته از رفتار ایستا و پویای ذرات در محیط است، این دو رفتار خیلی شبیه به دو مرحله اصلی بهینه‌سازی در الگوریتم‌های فراابتکاری به نام: اکتشاف و بهره‌برداری در طبیعت هستند [۱۳].

برای شبیه‌سازی رفتار ازدحامی سنجاکک‌ها، از سه اصل ابتدایی گروه‌ها در حشرات و همچنین دو اصل جدید دیگر که در زیر به آن‌ها اشاره می‌کنیم، استفاده می‌کنیم:

۱. تفکیک^۵: که اشاره به اجتناب از برخورد یک فرد با سایر افراد همسایه دارد.
 ۲. ترازبندی^۶: که نشان‌دهنده تنظیم سرعت افراد با توجه به سرعت سایر افراد همسایه می‌باشد.
 ۳. انسجام^۷: که اشاره به تمایل افراد به سمت مرکز ثقل همسایه‌ها دارد.
 ۴. جذب شدن^۸: که اشاره به جذب شدن هر یک از افراد به سمت منبع غذایی دارد.
 ۵. گجی^۹: که اشاره به فرار کردن از دشمنان دارد.
- هدف اصلی هر زره‌ای در طبیعت، بقا و زیستن می‌باشد، بنابراین همه ذرات به سمت منبع غذایی جذب شده و از دشمن فرار می‌کنند. بنابراین دو رفتار طبیعی، این پنج فاکتور به صورت زیر در طول زندگی سنجاکک به‌روزرسانی می‌شوند.

۱- تفکیک به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_i = -\sum_{j=1}^N X_j - X_j \quad (16)$$

- به طوری که X موقعیت سنجاکک فعلی است.
 - X_j موقعیت زامین همسایه سنجاکک را نشان می‌دهد.
 - N تعداد افراد همسایه را نشان می‌دهد.
- ۲- ترازبندی به نحوه زیر محاسبه خواهد شد:

4- Dragonfly Algorithm

5- Separation

6- Alignment

7- Cohesion

8- Attraction

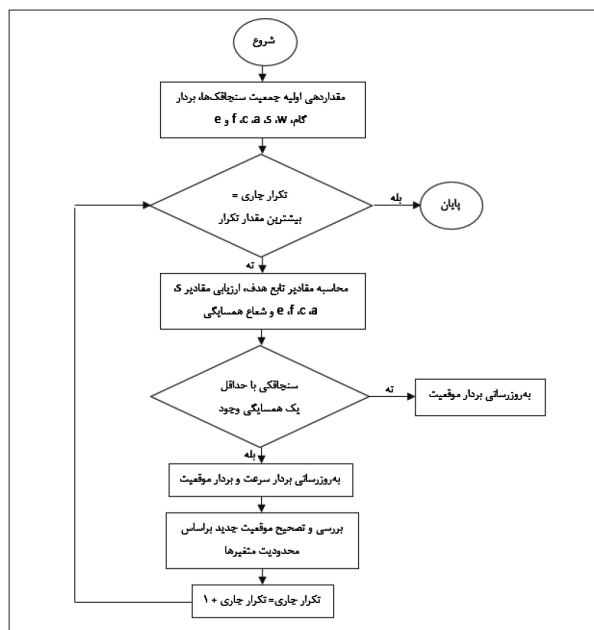
9- Distraction

پس از محاسبه بردار گام، بردارهای موقعیت طبق فرمول زیر محاسبه می‌شوند:

$$X_{t+1} = X_t + \Delta X_{t+1} \quad (22)$$

که t نشان‌دهنده تکرار آخر است.

در ادامه، روند نمای الگوریتم سنجاقک نشان داده شده است:



۲-۳ مسیریابی وسیله نقلیه پویا^{۱۱}

مسئله مسیریابی وسیله نقلیه پویا در زمینه‌های توزیع فیزیکی و حمل‌ونقل نقش اساسی دارد. تلاش‌های تحقیقاتی بزرگی از سال ۱۹۵۹ به مطالعه VRP اختصاص یافته است که در آن دانتریگ و رامسر [۲] این مشکل را به عنوان یک مشکل کلی مسئله فروشنده دوره‌گرد (TSP)^{۱۲} توصیف کرده‌اند، در نسخه ایستای این مسئله، فرض می‌شود که کلیه مشتریان از قبل با روند برنامه‌ریزی آشنا هستند و ممکن است این مورد پیش بیاید که مشتریان، هزینه‌های مسیریابی یا زمان سرویس را از زمان شروع سرویس، در زمان واقعی، در دسترس قرار دهند.

برای شروع کار ابتدا، یک مدیریت رویداد^{۱۳} در نظر می‌گیریم که سفارش‌های جدید مشتریان را دریافت

می‌کند، وسایل نقلیه را اعزام می‌کند و کارهای جزئی را انجام می‌دهد.

مدیریت رویداد: مدیر رویداد به‌عنوان واسط بین ورود سفارش‌های جدید و فرآیند بهینه‌سازی عمل می‌کند و بر اساس تقسیم یک روز کاری به nts برش زمانی، که هرکدام به‌طول (T/nts) می‌باشد، زمان‌بندی را انجام می‌دهد، به‌طوری‌که T طول یک روز کاری است و ما ورود یک سفارش جدید را تا پایان یک برش زمانی به تعویق می‌اندازیم [۱۲]. هدف این است که زمان اختصاص داده شده به هر یک از برش‌های جزئی ایستا را جزء به جزء باهم جمع کرده از این رو یک راه منظم برای سرویس‌دهی به درخواست‌های جدیدی که دریافت می‌شوند ارائه می‌شود. راهبرد متفاوت این است که به محض دریافت درخواست از هر مشتری جدید، آن مشتری را در لیست سرویس قرار می‌دهیم، ممکن است لازم باشد در صورت ارائه درخواست‌های فوری، مانند حالت محدودیت سرویس‌دهی در پنجره زمانی، رفتار و سرویس داده شود [۱۲].

هر برش زمانی یک برش ایستای مسئله محسوب می‌شود، به‌طوری‌که هر وسیله نقلیه باید در هر برش، به کلیه مشتریان در نظر گرفته شده در همان برش، خدمات ارائه کند. از راه‌های ارائه شده توسط الگوریتم، در نظر گرفتن یک زمان تعهد برای هر راننده می‌باشد که طی آن در این زمان تعهد (Tac)، به راننده اجازه داده می‌شود که قبل از زمان پردازش سفارش خود، سفارش‌های جدید را دریافت نماید و به آن‌ها واکنش نشان دهد [۱۴].

اولین مسئله ایستا ایجاد شده، در ابتدای روز کاری شامل کلیه سفارش‌هایی است که از روز کاری قبلی باقیمانده است. پارامتر زمان برش^{۱۴}، پارامتری است که زمان رسیدن سفارش‌های جدید را کنترل می‌کند، چون ممکن است برخی از مشتریان به این امر توجه نکنند و این دسته از سفارش‌ها که بعد از زمان برش دریافت می‌شوند به روز کاری بعد منتقل می‌شوند. کلیه سفارش‌های دریافت شده پس از زمان برش، به عنوان سفارش‌هایی تعبیر

11- Dynamic Vehicle Routing Problem

12- Travelling Salesman Problem

13- Event Manager

14- Cut-Off

جدول ۱: سطوح بهینه پارامترهای الگوریتم‌ها

الگوریتم	اصطلاح	مقدار
ژنتیک	MAX it	۲۰۰
	N pop	۴۰
	P crossover	۰/۶
	P mutation	۰/۲
شبیه‌سازی تبرید	MAX it	۲۰۰
	N pop	۲۰
	N move	۱۵
	Tf	۰/۰۰۵
	T _۰	۸
جستجوی همسایگی متغیر	MAX it	۶۰۰
	N repeat	۲۰
سنجاقک	MAX it	۱۵۰
	N SearchAgents	۳۰
	W	۰/۸

قرار دارد، لازم است این پارامترها با دقت بالایی انتخاب و تنظیم شوند و استفاده از مقادیر مناسب این پارامترها کاملاً موجب ارتقای عملکرد الگوریتم‌ها می‌گردد. در این پژوهش به منظور بهبود نتایج تجربی، تنظیم پارامترهای هر چهار الگوریتم فراابتکاری ژنتیک، شبیه‌سازی تبرید، جستجوی همسایگی متغیر و الگوریتم سنجاقک با روش تاگوچی [۱۵] تعیین شده‌اند، روش تاگوچی از جمله روش‌های طراحی جزئی است و یکی از ویژگی‌های متمایز این روش دستیابی به بزرگ‌ترین اطلاعات ممکن با کمترین تعداد آزمایش‌ها می‌باشد، به همین دلیل ما از این روش استفاده می‌کنیم.

بنابراین پس از تعیین پارامترهای هر یک از الگوریتم‌ها، سطوح بهینه به‌دست آمده توسط نرم‌افزار مینی‌تب و با روش تاگوچی به صورت زیر خواهد بود:

بنابراین سطوح بهینه هر یک از پارامترها به صورت زیر است:

برای تجزیه و تحلیل نتایج، باید نتایج حاصل از آزمون روی الگوریتم‌های سنجاقک، الگوریتم ژنتیک، شبیه‌سازی تبرید و جستجوی همسایگی متغیر مقایسه کنیم، به همین منظور مسائل کوچکی به صورت تصادفی ایجاد می‌کنیم و برای مسائل بزرگ‌تر، از مسائل استاندارد مسیریابی و سایر نقلیه چند قرارگاهی استفاده خواهیم کرد. این

می‌شوند که روز گذشته سرویس‌دهی نشده‌اند. این بدان معناست که سرویس‌دهی با مشتریانی آغاز می‌شود که به دلیل زمان برش و پایان یافتن روز کاری، سرویس‌دهی نشده‌اند.

دومین مسئله ایستا ایجاد شده، سفارش‌هایی است که در طول برش قبلی دریافت شده اما هنوز توسط رانندگان تحویل داده نشده‌اند. در این روش هروسیله نقلیه از محلی که به آخرین مشتری سرویس داده شده است کار را شروع خواهد کرد، با زمان شروعی متناسب با زمان پایان سرویس‌دهی به آخرین مشتری و با ظرفیتی مطابق با ظرفیت باقی مانده پس از سرویس‌دهی به کلیه مشتریان قبلی که سرویس‌دهی به آن‌ها به طور کامل انجام شده است.

در پایان هر برش زمانی بهترین راه حل انتخاب می‌شود و سفارش‌ها با زمان پردازشی (زمان پردازش سفارش هنگامی شروع می‌شود که وسیله نقلیه، به مشتری قبلی خود سرویس‌دهی کرده و به سمت مشتری جدید حرکت می‌کند) که در ثانیه $\frac{T}{n_{fs}} + t_{ac}$ شروع خواهد شد به وسیله نقلیه اختصاص داده شده، ارجاع خواهند شد و در پایان هنگامی که هر وسیله نقلیه، تمام ظرفیت خود را سرویس‌دهی کرد، به سمت انبار حرکت خواهد کرد [۱۲].

چون مسئله مسیریابی وسیله نقلیه از نوع مسائل چندجمله‌ای نامعین سخت می‌باشد حل این مدل در نرم-افزار GAMS^{۱۰} برای رسیدن به جواب بهینه برای ابعاد کوچک زمانبر می‌باشد، بنابراین برای حل این مسئله از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده شده است و نتایج حاصل از رویکرد پویای الگوریتم سنجاقک با نتایج حاصل از الگوریتم‌های شبیه‌سازی تبرید، جستجوی همسایگی متغیر و الگوریتم ژنتیک مقایسه گردیده است.

۳- تحلیل نتایج محاسباتی

از آن‌جا که عملکرد و قابلیت اطمینان الگوریتم‌های فراابتکاری به صورت مستقیم تحت تاثیر پارامترهای آن‌ها

جدول ۲: نتایج به دست آمده از حل مسائل با اندازه کوچک توسط Gams و الگوریتمها

مسئله	تعداد مشتری	تعداد دپو	تعداد وسایل نقلیه در هر دپو	گمز		ژنتیک		سنجاقک		شبیه سازی تبرید		جستجوی همسایگی متغیر	
				میانگین جوابها	زمان اجرا	میانگین جوابها	انحراف	میانگین جوابها	انحراف	میانگین جوابها	انحراف	میانگین جوابها	انحراف
۱	۴	۱	۲	۲۲۴	۱	۲۲۴	۰	۲۲۴	۰	۲۲۴	۰	۲۲۴	۰
۲	۴	۲	۱	۴۳۲	۱	۴۳۲	۰	۴۳۲	۰	۴۳۲	۰	۴۳۲	۰
۳	۸	۱	۲	۲۷۰	۳	۲۸۵	۵/۵۶	۲۸۵	۵/۵۶	۲۸۵	۵/۵۶	۲۸۵	۵/۵۶
۴	۸	۲	۱	۳۰۲	۵	۳۰۴	۰/۶۶	۳۰۴	۰/۶۶	۳۰۴	۰/۶۶	۳۰۴	۰/۶۶
۵	۱۰	۲	۲	۶۳۶	۳۰	۷۰۹	۱۱/۴۸	۷۰۹	۱۱/۴۸	۶۸۵	۷/۷	۷۲۹	۱۴/۶۲
۶	۱۰	۱	۳	۵۲۰	۸۰	۵۲۵	۰/۹۶	۵۲۱	۰/۱۹	۵۲۲	۰/۳۸	۵۲۲	۰/۳۸
۷	۱۰	۳	۱	۶۰۵	۱۸۴	۶۱۱	۰/۹۹	۶۰۹	۰/۶۶	۶۰۵	۰	۶۱۱	۰/۹۹
۸	۱۲	۲	۲	۵۲۵	۱۰۱	۵۹۴	۱۳/۱۴	۵۸۴	۱۱/۲۴	۵۵۷	۶/۱	۵۹۸	۱۳/۹
۹	۱۲	۱	۳	۴۳۷	۳۹۴	۴۷۹	۹/۶۱	۴۸۳	۱/۵۳	۴۷۹	۹/۶۱	۴۷۹	۹/۶۱
۱۰	۱۲	۳	۱	۶۵۳	۴۴۸	۶۷۰	۲/۶	۶۶۴	۱/۶۸	۶۶۷	۱۴/۲	۶۶۷	۲/۱۴
میانگین انحرافات الگوریتمها								۴/۵	۴/۲		۳/۲۱۵		۴/۷۸۶

نمونه‌ها را اجرا کردیم و با ۱۰ نمونه مسئله، نتایج حاصل از آن‌ها را در جدولی مشابه جدول (۲) باهم مقایسه کردیم. بنابراین با توجه به این که میانگین انحرافات از مقدار بهینه برای الگوریتم‌های ژنتیک، شبیه‌سازی تبرید، جستجوی همسایگی متغیر و الگوریتم سنجاقک، به ترتیب مقادیر ۵/۴ و ۳/۲۱۵ و ۴/۷۸۶ و ۴/۲ می‌باشد و با توجه به این که زمان‌های اجرا در الگوریتم‌ها نسبت به حل این مسائل در Gams کمتر است، بنابراین می‌توان در مسائل بزرگ از این الگوریتم‌ها استفاده کرد و به نتایج حاصل از آن اعتماد کرد.

۳-۲ مسائل با اندازه بزرگ

در این قسمت، ۲۰ نمونه مسئله از وبگاه VRP [۱۶] در از بخش MDVRP انتخاب کرده‌ایم و به حل و بررسی آن‌ها می‌پردازیم، مقادیر تابع هدف به دست آمده برای حل مسائل با اندازه بزرگ حاصل از ترکیب تعداد مشتری، تعداد ماشین و تعداد دپو توسط الگوریتم‌های مورد استفاده در جدول (۳) آورده شده است.

نتایج به دست آمده در حل مسائل با اندازه بزرگ نشان می‌دهد که الگوریتم‌های سنجاقک، ژنتیک و الگوریتم جستجوی همسایگی متغیر عملکرد تقریباً مشابهی از لحاظ زمانی داشته‌اند.

مسائل بزرگ از وبگاه تخصصی VRP گرفته شده است. همان‌طور که قبلاً بیان شده است، به دلیل پیچیدگی‌ها و ذاتا چند جمله‌ای نامعین سخت بودن مسئله، تنها قادر به حل دقیق مسئله و در ابعاد کوچک و توسط نرم‌افزار Gams هستیم، همچنین برای آزمون نتایج حاصل از الگوریتم‌ها، چند نمونه مسئله به صورت تصادفی در ابعاد کوچک تولید شده و نتایج حاصل از الگوریتم‌های ژنتیک، شبیه‌سازی تبرید، جستجوی همسایگی متغیر و الگوریتم سنجاقک را با حل بهینه و یا حل شدنی متناظر آن در نرم‌افزار Gams مقایسه خواهیم کرد.

۳-۱ مسائل با اندازه کوچک

برای مقایسه الگوریتم‌ها و آزمون آن‌ها در اندازه کوچک، ۱۰ نمونه مسئله با ابعاد مختلف طراحی کرده‌ایم، که در آن تعداد دپوها بین ۱، ۲ و ۳ متغیر است و تعداد وسایل نقلیه درون هر دپو هم بین ۱، ۲ و ۳ تغییر خواهد کرد، تعداد مشتریان هم به چهار گروه ۴، ۸، ۱۰ و ۱۲ تا تقسیم شده است و به این مقادیر تغییر خواهد کرد.

برای هر کدام از این نمونه‌ها، هم در محیط Gams و هم در محیط متلب با هر چهار الگوریتم ژنتیک، شبیه‌سازی تبرید، جستجوی همسایگی متغیر و الگوریتم سنجاقک تمام

جدول ۳: نتایج به دست آمده از حل مسائل با اندازه بزرگ توسط الگوریتم‌ها

مسئله	ژنتیک			سنجاقک			شبیه‌سازی تبرید			جستجوی همسایگی متغیر		
	میانگین جواب‌ها	زمان اجرا	انحراف	میانگین جواب‌ها	زمان اجرا	انحراف	میانگین جواب‌ها	زمان اجرا	انحراف	میانگین جواب‌ها	زمان اجرا	انحراف
p1	۲۱۳۹	۷	۹/۳	۲۴۰۲	۸	۱۲/۷۴	۱۹۶۲	۴۷	۰/۲۶	۱۹۵۷	۷	۰
p2	۱۱۴۳	۶	۲/۷	۱۳۳۲	۸	۰/۷۵	۱۹۸۸	۳۸	۷۸/۶۲	۱۱۱۳	۸	۰
p3	۱۷۲۴	۱۰	۲۶/۷۶	۲۰۷۲	۹	۱۹/۲۹	۱۳۶۰	۵۶	۰	۱۵۸۲	۱۰	۱۶/۴
p4	۲۰۸۱	۱۱	۱۰/۴۶	۲۴۴۴	۱۲	۱۴/۷۲	۱۸۹۵	۶۷	۰/۵۸	۱۸۸۴	۱۳	۰
p5	۱۸۹۴	۱۳	۲۲/۷۵	۱۹۱۱	۱۱	۲۳/۸۵	۱۵۴۳	۶۱	۰	۱۷۰۳	۱۱	۱۰/۳۷
p6	۳۰۴۹	۱۰	۲/۴۴	۳۰۸۸	۱۳	۱۰/۸۴	۲۸۸۰	۶۹	۳/۳۷	۲۷۸۶	۱۴	۰
p7	۲۱۶۶	۹	۱۸/۱۷	۲۰۲۲	۱۲	۱۰/۳۱	۱۸۳۳	۶۸	۰	۱۸۶۵	۱۲	۱/۷۵
p8	۱۱۷۰۴	۲۱	۲۰/۵۹	۱۱۴۷۳	۲۰	۱۸/۲۱	۹۹۶۷	۱۱۵	۲/۶۹	۹۷۰۶	۲۸	۰
p9	۱۲۹۲۱	۲۴	۳۴/۱۱	۱۶۳۷۳	۲۱	۲۹/۵۱	۹۹۷۷	۱۲۱	۰	۱۰۶۳۲	۲۳	۶/۵۷
p10	۱۱۳۰۶	۲۳	۲۰/۶۴	۱۴۹۷۲	۲۰	۲۹/۷۵	۹۴۲۰	۱۱۱	۰/۵۱	۹۳۷۲	۲۲	۰
p11	۱۱۰۳۰	۲۳	۱۶/۴۵	۱۱۱۸۰	۲۰	۱۸/۰۳	۹۴۷۲	۱۰۸	۰	۹۸۷۱	۲۲	۴/۲۱
p12	۲۹۱۹	۱۵	۲۸/۹۹	۳۷۷۰	۱۰	۳۶/۶۴	۲۲۶۳	۷۴	۰	۲۴۰۲	۱۳	۶/۱۴
p15	۷۳۵۸	۱۶	۲۹/۴۳	۸۰۰۳	۱۶	۴۰/۲۶	۵۷۰۶	۸۹	۰	۶۲۰۲	۲۱	۸/۶۹
p18	۱۵۰۲۲	۲۳	۲۱/۶۸	۱۸۹۵۶	۲۱	۴۳/۶۲	۱۲۶۱۱	۱۱۴	۲/۱۵	۱۲۳۴۵	۲۶	۰
p21	۲۷۰۰۸	۳۴	۲۹/۲۲	۲۷۱۹۲	۲۷	۳۰/۸۹	۲۰۹۰۰	۲۲۲	۰	۲۳۵۰۸	۲۸	۱۲/۴۸
pr1	۱۱۶۸	۹	۱/۶۵	۱۱۶۸	۸	۱/۶۵	۱۱۷۵	۴۵	۲/۲۶	۱۱۴۹	۱۱	۰
pr2	۲۳۷۵	۱۴	۱۲/۴۵	۲۳۹۷	۱۵	۱۳/۴۹	۲۱۱۲	۶۹	۰	۲۲۲۱	۱۸	۵/۱۶
pr3	۵۲۵۵	۱۳	۱۰/۳۵	۵۰۴۰	۱۵	۵/۸۴	۴۸۱۲	۷۱	۱/۰۱	۴۷۶۲	۱۹	۰
pr4	۵۷۵۴	۱۶	۱۶/۳۸	۵۹۱۴	۱۷	۱۹/۶۲	۴۹۴۴	۷۲	۰	۵۳۰۶	۲۸	۷/۳۲
pr5	۷۴۰۶	۲۱	۲۴/۴۹	۸۸۲۰	۲۰	۳۴/۲۶	۵۹۴۹	۸۹	۰	۶۴۴۰	۱۹	۸/۲۵
میانگین انحرافات	۱۸/۰۷۰۵			۱۹/۶۳۸۵			۴/۵۷۲۵			۴/۳۶۷		

بهبود پیدا کرده و از لحاظ دقت میزان انحراف ۱/۳۴۷۷٪ را ارائه کرده است.

۴- نتیجه گیری و پیشنهادهای آتی

مسائل با اندازه کوچک به صورت تصادفی ایجاد شده‌اند و برای آزمون صحت الگوریتم‌ها، با نتایج حاصل از نرم‌افزار Gams مقایسه شدند، که نتایج حاصل شده از حل مسائل با اندازه کوچک توسط الگوریتم‌ها در مقایسه با جواب بهینه نشان می‌دهد میزان اختلاف با مقدار واقعی در این الگوریتم‌ها برای الگوریتم ژنتیک برابر با ۴/۵، الگوریتم شبیه‌سازی تبرید ۳/۲۱۵، الگوریتم جستجوی همسایگی متغیر ۴/۷۸۶ و برای الگوریتم سنجاقک برابر با ۴/۲

۳-۳ مسائل با اندازه بزرگ در حالت پویا

در ادامه نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم سنجاقک به عنوان الگوریتم پیشنهادی را، در حالت پویا و با توجه به روشی که در فصل قبل بیان کرده بودیم، به دست آورده و در جدول (۴) نشان داده‌ایم، که نشان از بهبود قابل توجه این الگوریتم هم در دقت و هم زمان اجرای پردازنده برای این الگوریتم دارد و کارایی آن را به طور چشم‌گیری افزایش داده است:

نتایج حاصل از پیاده‌سازی الگوریتم‌ها در اندازه بزرگ را در شکل‌های بالا دیدیم، و با نتایج حاصل از الگوریتم سنجاقک در حالت پویا مقایسه کرده‌ایم، نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم سنجاقک در حالت پویا به طرز قابل توجهی

جدول ۴: نتایج حاصل از ارائه الگوریتم سنجاکک در حالت پویا

مسئله	ایستا		پویا												
			مرحله اول		مرحله دوم		مرحله سوم		مرحله چهارم		مرحله پنجم		میانگین کل		
	میانگین جواب‌ها	زمان اجرا	بهترین جواب کل	جواب بهینه	زمان اجرا	جواب بهینه	زمان اجرا	جواب بهینه	زمان اجرا	جواب بهینه	زمان اجرا	جواب بهینه	زمان اجرا	جواب بهینه	زمان اجرا
p1	۲۴۰۲	۸	۱۹۵۷	۵۲۴	۴	۱۶۵	۴	۱۶۹	۴	۱۸۷	۴	۱۸۸	۴	۱۲۴۲	۲۰
p2	۱۳۳۲	۸	۱۱۱۳	۳۰۷	۴	۱۴۳	۴	۱۲۶	۴	۱۸۶	۴	۱۵۶	۴	۹۱۸	۲۰
p3	۲۰۷۲	۹	۱۳۶۰	۳۸۰	۵	۲۳۲	۴	۲۲۴	۴	۲۸۲	۴	۲۵۳	۵	۱۳۵۱	۲۲
p4	۲۴۴۴	۱۲	۱۸۸۴	۴۹۵	۵	۳۴۱	۵	۲۸۴	۵	۳۸۴	۵	۲۵۵	۴	۱۷۵۹	۲۴
p5	۱۹۱۱	۱۱	۱۵۴۳	۴۳۴	۵	۳۲۲	۵	۲۹۳	۵	۲۹۱	۵	۱۷۶	۵	۱۵۱۶	۲۵
p6	۳۰۸۸	۱۳	۲۷۸۶	۶۸۴	۴	۳۸۵	۵	۳۲۸	۴	۳۴۴	۴	۲۱۳	۴	۱۹۵۴	۲۱
p7	۲۰۲۲	۱۲	۱۸۳۳	۵۲۷	۳	۳۱۰	۴	۳۰۰	۴	۲۹۳	۴	۲۳۲	۴	۱۶۶۲	۱۹
p8	۱۱۴۷۳	۲۰	۹۷۰۶	۲۹۰۷	۸	۱۹۷۱	۸	۲۲۵۵	۸	۲۱۲۹	۸	۱۹۸۸	۸	۱۱۲۵۰	۴۰
p9	۱۶۳۷۳	۲۱	۹۹۷۷	۲۸۲۹	۶	۲۱۹۴	۸	۲۶۰۲	۸	۲۲۸۱	۷	۲۱۰۸	۷	۱۲۰۱۴	۳۶
p10	۱۴۹۷۲	۲۰	۹۳۷۲	۲۹۲۳	۶	۲۱۲۸	۸	۲۲۵۶	۷	۱۸۶۴	۸	۲۲۲۶	۷	۱۱۳۹۷	۳۶
p11	۱۱۱۸۰	۲۰	۹۴۷۲	۲۸۸۱	۸	۲۰۸۸	۸	۲۳۱۶	۸	۲۱۲۰	۷	۱۹۸۴	۷	۱۱۳۸۹	۳۸
p12	۳۷۷۰	۱۰	۲۲۶۳	۶۳۶	۴	۳۹۱	۵	۵۱۲	۵	۳۰۹	۴	۴۵۱	۴	۲۲۲۹	۲۲
p15	۸۰۰۳	۱۶	۵۷۰۶	۱۷۵۸	۵	۱۱۰۷	۶	۹۵۲	۷	۸۸۶	۷	۷۱۴	۶	۵۴۱۷	۳۱
p18	۱۸۹۵۶	۲۱	۱۲۳۴۵	۲۹۲۵	۸	۱۹۴۲	۸	۱۷۵۶	۷	۱۸۸۷	۷	۱۵۳۲	۷	۱۰۰۴۲	۳۷
p21	۲۷۱۹۲	۲۷	۲۰۹۰۰	۴۴۷۵	۸	۳۲۶۳	۹	۳۷۲۳	۹	۳۱۶۰	۹	۲۹۹۷	۹	۱۷۶۱۸	۴۴
pr1	۱۱۶۸	۸	۱۱۴۹	۳۲۵	۴	۳۱۴	۴	۲۱۶	۴	۲۶۹	۴	۲۷۷	۴	۱۴۰۱	۲۰
pr2	۲۳۹۷	۱۵	۲۱۱۲	۸۱۹	۵	۵۴۵	۵	۴۷۰	۵	۴۰۷	۵	۳۹۵	۵	۲۶۳۶	۲۵
pr3	۵۰۴۰	۱۵	۴۷۶۲	۱۰۱۴	۴	۹۲۰	۶	۹۰۱	۶	۹۰۰	۶	۷۴۵	۶	۴۴۸۱	۲۸
pr4	۵۹۱۴	۱۷	۴۹۴۴	۱۱۱۱	۷	۱۰۳۴	۶	۸۴۱	۷	۹۶۲	۷	۱۰۱۸	۶	۴۹۴۶	۳۳
Pr5	۸۸۲۰	۲۰	۵۹۴۹	۲۵۴۸	۸	۱۱۱۴	۷	۱۰۶۳	۷	۱۰۶۶	۷	۱۰۸۲	۷	۶۸۷۶	۳۶

گرفتن محدودیت‌های حاکم در جهان واقعی مدل شده است. به منظور حل الگوریتم‌های پیشنهادی، با توجه به پیچیدگی‌ها و ذاتا چندجمله‌ای نامعین سخت بودن مسئله، عملاً استفاده از روش‌های کلاسیک که در مسائل واقعی مقادیر دقیق و با دقت بالا اما در زمان‌های طولانی را می‌دهند، امکان‌پذیر نمی‌باشد. الگوریتم‌های فراابتکاری به دلیل این‌که سرعت اجرای بالایی دارند و دقتی نزدیک به دقت روش‌های کلاسیک ارائه می‌دهند، در این مقاله استفاده شده است. اعتبار سنجی مدل و الگوریتم‌های ژنتیک، شبیه‌سازی تبرید، جستجوی همسایگی متغیر و الگوریتم سنجاکک، صورت گرفته است و به منظور نشان

می‌باشد و با توجه به این‌که مدت زمان به دست آمده برای حل این مسائل با الگوریتم‌های فراابتکاری بسیار کوتاه‌تر از زمان رسیدن به جواب بهینه از طریق نرم‌افزار Gams است، می‌توان کارایی الگوریتم‌های مذکور را اثبات کرد و برای حل چنین مسائلی به کار گرفت.

در مسائل با اندازه بزرگ، از شاخص انحراف و متوسط زمان اجرا به عنوان شاخص عملکرد این الگوریتم‌ها بهره گرفته شده است، که بیان‌گر این امر هستند که الگوریتم‌های مذکور، توانایی بالایی برای تولید جواب‌های متنوع و پراکنده دارند.

در این مقاله مسئله مسیریابی وسایل نقلیه، با در نظر

دادن کارایی این الگوریتم‌ها، نتایج حاصل از آن‌ها با نتایج به‌دست آمده از نرم‌افزار Gams مقایسه گردیده است.

روند این مقاله، مقایسه‌ای بین الگوریتم‌های ژنتیک، شبیه‌سازی تبرید، جستجوی همسایگی متغیر و الگوریتم سنجاک می‌باشد که برای حل مسائل در اندازه کوچک و بزرگ ارائه شده است. از آن‌جا که الگوریتم سنجاک در مسئله‌ی مسیریابی در سیستم حمل‌ونقل تاکسون به‌کار گرفته نشده، تمرکز ما بر روی این الگوریتم و بهبود نتایج حاصل از این الگوریتم بوده است. به همین دلیل به منظور بهبود نتایج حاصل از این الگوریتم در اندازه بزرگ، ما این الگوریتم را با رویکردی پویا اجرا کرده و نتایج خروجی را با نتایج حاصل از الگوریتم سنجاک در حالت ایستا و همچنین سایر الگوریتم‌ها مقایسه کرده‌ایم. نتایج نشان داده‌اند که الگوریتم سنجاک در رویکرد پویا، بهبود قابل توجهی در مقدار جواب خروجی داشته است. همچنین این روش نسبت به الگوریتم‌های دیگر در حالت ایستا جواب‌های بهتری داشته است.

با توجه به نوع مسئله و پیچیدگی‌های ذاتی این مسائل، و با توجه به چندجمله‌ای نامعین سخت بودن مسئله مسیریابی وسیله نقلیه، بدیهی هست که هرگونه تلاشی به جهت کاهش زمان سفر، بهینه‌سازی در مسیر و ظرفیت و زمان، صرفه‌جویی در مصرف سوخت و... کاری ارزشمند و از نظر اقتصادی و اجتماعی توجیه‌پذیر خواهد بود، بنابراین در ادامه کار، می‌توان الگوریتم‌های فراابتکاری دیگری مانند کلونی زنبورها، قطره‌های آب هوشمند، گرگ‌های خاکستری، جستجوی ممنوع و هر نوع الگوریتم دیگری که متناسب با ماهیت مدل و مسئله ما باشد بهره جست، و نتایج حاصل از الگوریتم را با نتایج حاصل از این مقاله مقایسه کنند.

همچنین به‌منظور بهبود نتایج، می‌توان با تغییر مدل و نزدیک‌تر کردن مدل به شرایط واقعی، با تغییر هریک از فرضیات در نظر گرفته شده، پارامترهای بسیاری را در قالب هدف یا محدودیت به مدل اضافه نمود که از آن جمله

می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- بررسی مسئله با در نظرگرفتن ناوگان ناهمگن که این ناهمگنی از جنبه ظرفیت وسایل نقلیه و نرخ مصرف سوخت آن‌ها می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد.
- می‌توان مسئله را برای موارد ضروری^{۱۶} در نظر گرفت و به جای تحویل یک نوع کالا، از کالاهایی با ضرورت تحویل در زمان مشخص استفاده کرد و به محدودیت‌های مسئله افزود.
- به‌کار بردن یک الگوریتم و فضای رقابتی به‌صورتی که، مشتری از سرویس‌دهنده‌ای که زودتر به او سرویس می‌دهد، سرویس می‌گیرد.
- فرض کردیم که تمامی پارامترها به‌صورت قطعی هستند، ولی می‌توان مسئله مورد نظر را با فرض احتمالی و یا فازی بودن پارامترهای مدل و الگوریتم پیشنهادی مورد استفاده قرار داد.
- پیاده‌سازی مدل این تحقیق در یک مطالعه موردی و ارزیابی کارایی آن.
- توسعه رویکردهای حل دقیق برای مسئله تحقیق.
- طراحی سایر الگوریتم‌های فراابتکاری و مقایسه نتایج الگوریتم‌های پیشنهادی با آن‌ها.

مراجع

1. Peter L. Hammer, RUTCOR, Rutgers (2006), «THE VEHICLE ROUTING PROBLEM», University of Bucharest.
2. Dantzig, George Bernard; Ramser, John Hubert (October 1959). "The Truck Dispatching Problem" (PDF). *Management Science*. 6 (1): 80–91.
3. Clarke, G. and Wright, J.R. (1964). "Scheduling of Vehicle Routing Problem from a Central Depot to a Number of Delivery Points". *Operations Research*, 12, 568-581.
4. Giosa, I. D., Tansini, I. L. and Viera, I. C. (2002) "New assignment algorithms for multi-depot vehicle routing problem". *Journal of Operational Research Society*, Vol. 53, No. 9, pp. 977-984.
5. Nagy, G. and Salhi, S. (2005) "Heuristic algorithms for the single and multiple depot vehicle routing problems with pickups and deliveries", *European Journal of Operational Research*, Vol. 162, No. 1, pp. 126-141.

11. Konak, A., Coit, D. W., & Smith, A. E. (2006). Multi-objective optimization using genetic algorithms: A tutorial. *Reliability Engineering & System Safety*, 91(9), 992-1007.
12. Elhassania, M., Jaouad, B., & Ahmed, E. A. (2014, June). Solving the dynamic vehicle routing problem using genetic algorithms. In 2014 International Conference on Logistics Operations Management (pp. 62-69). IEEE.
13. Mirjalili, S. (2016). Dragonfly algorithm: a new meta-heuristic optimization technique for solving single-objective, discrete, and multi-objective problems. *Neural Computing and Applications*, 27(4), 1053-1073.
14. Kilby, P., P. Prosser and P. Shaw, (1998). Dynamic VRPs: a study of scenarios. Technical Report APES-06-1998, University of Strathclyde, UK.
15. Berger P.D., Maurer R.E., Celli G.B. (2018) Introduction to Taguchi Methods. In: Experimental Design. Springer, Cham
16. Data Set :
17. <http://neo.lcc.uma.es/vrp/vrp-instances/multiple-depot-vrp-instances/> Retrieved (1398/5/29)
6. Tavakkoli-Moghaddam, R., Safaei, N. and Gholipour, Y. (2006) "A hybrid simulated annealing for capacitated vehicle routing problems with the independent route length", *Applied Mathematics and Computation*, Vol.176, pp. 445-454.
7. Fazel Zarandi, M. H., Hemmati, A. and Davari, S. (2011) "The multi-depot capacitated location-routing problem with fuzzy travel times". *Expert Systems with Applications* Vol. 38, pp. 10075-10084.
8. Ghannadpour, S. F., Noori, S. and Tavakkoli-Moghaddam, R. (2014) "A multi-objective vehicle routing and scheduling problem with uncertainty in customers' request and priority", *Journal of Combinatorial Optimization*, Accepted for publication, Vol. 28, No. 2, pp. 414-466.
9. Moslehi, G., & Mahnam, M. (2011). A Pareto approach to multi-objective flexible job-shop scheduling problem using particle swarm optimization and local search. *International Journal of Production Economics*, 129(1), 14-22.
10. Puchinger, J., & Raidl, G. R. (2005, June). Combining metaheuristics and exact algorithms in combinatorial optimization: A survey and classification. In *International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation* (pp. 41-53). Springer, Berlin, Heidelberg.

جدیدترین کتاب از انتشارات انجمن انفورماتیک ایران منتشر شد!

مهارت‌های نرم

برای تهیه کتاب با دفتر انجمن انفورماتیک ایران

تماس بگیرید ۶۶۴۱۲۸۶۱

چاپ اول

