



دانشگاه علامه طباطبائی

دانشکده مدیریت و حسابداری

پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات

مدل چند هدفه زمانبندی و مسیریابی ناوگان حمل و نقل واحد اندازه گیری مخازن، شرکت بهره برداری  
نفت و گاز کارون

استاد راهنما

دکتر محمد تقی تقوی فرد

استاد مشاور

دکتر مقصود امیری

نگارش

حامد رمضان پور

تابستان ۱۳۹۳

بسمه تعالی

دانشگاه علامه طباطبائی  
دانشکده مدیریت و حسابداری

شماره:  
تاریخ:

صور تجلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی

با تأییدات خداوند متعال پایان نامه خانم/آقای حامد رمضانپور دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات به شماره دانشجویی تحت عنوان "مدل چند هدفه زمانبندی و مسیریابی ناوگان حمل و نقل در شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون" که به راهنمایی جناب آقای دکتر تقوی فرد در جلسه مورخه ۱۳۹۳/۰۶/۳۱ با حضور اعضای هیات داوران برگزار گردید. ضمناً نمره نهایی نامبرده به شرح زیر اعلام می گردد.

نمره مقاله از ۱	۱- چاپ مقاله در نشریات عضو ISI و نشریات علمی - پژوهشی و مجلات داخلی دانشگاه ۱ نمره
	۲- چاپ مقاله در نشریات علمی - ترویجی ۰/۵ نمره
	۳- چاپ مقاله در مجموعه مقالات همایش های علمی داخلی و بین المللی ۰/۲۵ نمره و حداکثر تا دو مقاله ۰/۵ نمره
	توضیح: ارایه گواهی پذیرش مقاله برای چاپ بلامانع است.
نمره مقاله:	با عدد:
نمره پایان نامه از ۱۹:	نمره نهایی
	با حروف:
	۱۸/۵ هجری رتبه

در ضمن برخورداری از امتیاز مقاله با رانه مقاله چاپ شده و یا گواهی چاپ حداکثر تا شش ماه پس از دفاع از پایان نامه امکان پذیر است. بدیهی است دانشجویی که مدت مجاز تحصیل او خاتمه یافته باشد مشمول این بند نخواهد بود.

اعضاء هیات داوران:

امضاء	نام و نام خانوادگی	سمت
	جناب آقای دکتر محمد تقی تقوی فرد	استاد راهنما
	جناب آقای دکتر مقصود امیری	استاد مشاور
	جناب آقای دکتر علی خاتمی فیروزآبادی	استاد داور و نماینده تحصیلات تکمیلی

نمره ۱۴ تا ۱۶،۹۹ قابل قبول  
نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

نمره ۲۰ تا ۱۹ عالی  
نمره ۱۸ تا ۱۸،۹۹ بسیار خوب  
نمره ۱۷ تا ۱۷،۹۹ خوب

## حمد و سپاس خدای را که هر چه دارم از اوست

تقدیم به:

- پدر و مادر عزیزم که آموزگارانی دلسوز و مهربان برایم بوده و هستند.
- تمامی آموزگاران و اساتید که هر چه در راه تحصیل و علم آموخته ام خوشه چینی از خرمن دانش آنها بوده است.
- تمامی عزیزان و دوستانی که در طول مدت تحصیل مرا به هر شکل یاری رساندند.

## تقدیر و تشکر:

حمد و ستایش خداوند حکیم و علیم را که قدرت اندیشه و حق انتخاب را به بشر ارزانی داشت و سپاس بی نهایت او را که به من فرصت کار علمی و تحقیقی روزی گرداند و همچنین پدر و مادری مهربان و پر تلاش را متولی رشد و تربیت من قرار داد که تا پایان عمر من وام دار عشق و تلاش این دو عزیز هستم و زبان و قلم از وصف تقدیر و تشکر از این دو گوهر گرانبها بسی الکن و ناقصند.

پس از پدر و مادر عزیزم جا دارد از معلمین دوره های ابتدایی، راهنمایی و دبیرستان تشکر نمایم که شالوده فکری مرا بنیان نهادند. در این مجال جا دارد از زحمات مخلصانه اساتید دوره لیسانس و فوق لیسانس تقدیر و تشکر نمایم. از استاد فرهیخته **جناب آقای دکتر تقوی فرد** که همچون پدری دلسوز در تمام طول دوره کارشناسی ارشد به خصوص در زمان تدوین پایان نامه حاضر با راهنماییهای عالمانه و مدبرانه و تلاش بی مثال خود مرا مرهون الطاف خود نمودند، بالاترین مراتب تقدیر و سپاس را دارم. همچنین جا دارد از راهنماییهای استاد مشاور **جناب آقای دکتر امیری** که زحمات زیادی در مدت انجام پایان نامه متحمل شدند و رهنمودهای بسیار موثر ایشان راهگشای بسیاری از موانع بوده، تقدیر و تشکر نمایم. همچنین از سایر اعضای محترم هیئت علمی **گروه مدیریت صنعتی دانشگاه علامه طباطبایی**، که در مراحل مختلف این پایان نامه مرا از رهنماییهای ارزشمند خود بی نصیب نگذاشتند قدردانی نمایم. کمال تشکر را از **جناب آقای مهندس عزیزی** رئیس واحد عملیات چاه های شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون که در طول انجام این پروژه همواره راهنمای من بوده و از هیچ کمکی دریغ نکردند، دارم. از خداوند متعال برای همه کسانی که در این نوشتار از آنان یاد کردم و همه کسانی که مرا یاری داده اند ولی در این مختصر امکان ذکر نام ایشان نبود، توفیق و سلامت مسئلت می نمایم.

حامد رمضان پور

تابستان ۱۳۹۳

## چکیده

تاسیسات نفتی برای تولید مداوم به پشتیبانی مداوم هم نیاز دارند. پشتیبانی تاسیسات نفتی در این بخش، که به عنوان لجستیک بالا دستی نفت شناخته می شود بخش مهمی از هزینه های شرکت های نفتی را تشکیل می دهد. تامین آب، غذا، تجهیزات و مواد مورد نیاز برای تاسیسات نفتی واقع در خشکی توسط ناوگان حمل و نقل متشکل از وسایل نقلیه ای که لزوماً از یک نوع و ترکیب، اندازه و ظرفیت نیستند (وسایل نقلیه نا همگن) انجام می شود.

امروزه نقش حمل و نقل به عنوان یکی از الزامات افزایش بهره‌وری و تولید در نیل به توسعه پایدار بر کسی پوشیده نیست. این تحقیق گامی است در جهت بررسی و حل یکی از مسائل کلیدی موجود در مباحث حمل و نقل با عنوان مدل چندهدفه مسیریابی ناوگان حمل و نقل، که در آن ناوگانی از وسایل نقلیه با ظرفیتهای معین جهت خدمتدهی به تعداد معینی از مشتریان با تقاضاهای متفاوت و محدودیتهای زمانی متفاوت بکار گرفته میشوند. به گونه ای که هزینه ها کمینه شده و ظرفیتهای و نیز پنجره زمانی (بازه ای از زودترین زمان تا دیرترین زمان مورد نظر مشتری برای تحویل کالا یا دریافت خدمات است که ورود و خروج وسایل نقلیه باید حتماً در این بازه باشد) نقض نگردند. بدین منظور یک مدل برنامه ریزی صفر و یک چند هدفه جهت: (۱) کمینه کردن هزینه های حمل و نقل و (۲) کمینه کردن زمان توقف خودروها ارائه شده است.

این مدل دو هدف متناقض دارد به طوری که با کمینه کردن زمان توقف خودروها، هزینه های حمل و نقل افزایش می یابد. واحد عملیاتی اندازه گیری مخازن، شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده و از داده‌های واقعی (پیوست شماره ۳) مربوط به سال ۹۲ برای حل مدل استفاده شده است، که به دلیل سخت بودن مسئله مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی از الگوریتم پیشنهادی فرا ابتکاری سیستم کلونی مورچگان چند هدفه (MACS) تعدیل شده برای حل استفاده شده است.

بمنظور اعتبار سنجی مدل از نمونه مسائل استاندارد سالامون در دو کلاس متفاوت C و RC استفاده شده است که نتایج حاکی از اختلاف ناچیز تابع هدف اول با مقادیر گزارش شده کلاس C و اختلاف 5.81+ درصدی با مقادیر گزارش شده کلاس RC دارد. بدین ترتیب با مقایسه نتایج سایر الگوریتم های فرا ابتکاری می توان گفت که الگوریتم پیشنهادی در رده مسائل سخت اختلاف کمتری با مقادیر استاندارد گزارش شده دارد و از حیث کیفیت جواب نسبت به سایر الگوریتم ها برتری محسوسی دارد. اما در رده مسائل C (مسائلی با اندازه متوسط) الگوریتم ژنتیک با اختلاف 0.078 درصد کمترین اختلاف را با مقدار استاندارد گزارش شده داشته است.

**واژگان کلیدی:** مسیریابی وسایل نقلیه، پنجره زمانی، برنامه ریزی خطی چندهدفه، الگوریتم سیستم مورچگان، الگوریتم سیستم کلونی مورچگان چند هدفه.

## فهرست مطالب

### فصل اول : کلیات تحقیق

- ۱-۱: مقدمه ..... ۱
- ۲-۱: شکل گیری ایده تحقیق ..... ۲
- ۳-۱: روش حل مسئله تحقیق ..... ۴
- ۴-۱: روش انجام تحقیق ..... ۴
- ۴-۱-۴: هدف های تحقیق و نتایج مورد انتظار ..... ۴
- ۲-۴-۱: روش تحقیق ..... ۵
- ۳-۴-۱: اهمیت و ضرورت تحقیق ..... ۷
- ۴-۴-۱: روش گردآوری و تحلیل داده ها ..... ۷
- ۵-۴-۱: قلمرو مکانی تحقیق ..... ۸
- ۶-۴-۱: شرح اصطلاحات تخصصی تحقیق ..... ۸
- ۷-۴-۱: نوآوری تحقیق ..... ۹
- ۵-۱: ساختار تحقیق ..... ۹
- ۶-۱: جمع بندی ..... ۱۰

### فصل دوم: ادبیات تحقیق

- ۱-۲: مقدمه ..... ۱۱
- ۲-۲: تبیین برخی از تعاریف ..... ۱۱
- ۱-۲-۲: مسئله بهینه سازی ..... ۱۱
- ۲-۲-۲: مسئله بهینه سازی ترکیبی ..... ۱۲
- ۳-۲-۲: تابع پیچیدگی زمانی الگوریتم ..... ۱۲
- ۱-۳-۲-۲: تعریف تابع پیچیدگی زمانی یک الگوریتم ..... ۱۳
- ۲-۳-۲-۲: محاسبه تابع پیچیدگی زمانی الگوریتم ها ..... ۱۳
- ۴-۲-۲: اشکال مختلف الگوریتم ها ..... ۱۴

- ۱۴ ..... الگوریتم‌های دقیق ۱-۴-۲-۲
- ۱۴ ..... الگوریتم‌های ابتکاری ۲-۴-۲-۲
- ۱۵ ..... الگوریتم‌های سازنده ۱-۲-۴-۲-۲
- ۱۵ ..... الگوریتم‌های بهبود دهنده ۲-۲-۴-۲-۲
- ۱۵ ..... الگوریتم‌های فرا ابتکاری ۳-۲-۴-۲-۲
- ۱۶ ..... اشکال مختلف مسئله مسیر یابی وسیله نقلیه ۳-۲
- ۱۶ ..... مسئله فروشنده دوره گرد (TSP) ۱-۳-۲
- ۱۷ ..... مسئله مسیر یابی وسیله نقلیه (VRP) ۲-۳-۲
- ۱۸ ..... ارتباط بین مسئله TSP و VRP ۱-۲-۳-۲
- ۱۸ ..... مسئله مسیر یابی وسیله نقلیه با ناوگان نا همگن ثابت (HFFVRP) ۳-۳-۲
- ۱۹ ..... مسئله مسیر یابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی (VRPTW) ۴-۳-۲
- ۱۹ ..... مسئله مسیر یابی وسیله نقلیه با چند قرارگاه (MDVRP) ۵-۳-۲
- ۱۹ ..... مسئله مسیر یابی وسیله نقلیه با تقاضای احتمالی (SVRP) ۶-۳-۲
- ۱۹ ..... مسئله مسیر یابی با محدودیت طول سفر ۷-۳-۲
- ۲۰ ..... مسئله مسیر یابی در شبکه های نا متقارن ۸-۳-۲
- ۲۰ ..... مسئله مسیر یابی وسیله نقلیه با برداشت و گذاشت ۹-۳-۲
- ۲۰ ..... مسئله مسیر یابی وسیله نقلیه با حمل در بازگشت (VRPB) ۱۰-۳-۲
- ۲۰ ..... مسئله مسیر یابی باز (OVRP) ۱۱-۳-۲
- ۲۱ ..... مسئله مسیر یابی وسیله نقلیه با انبار موقت میانی (VRPCD) ۱۲-۳-۲
- ۲۲ ..... مروری بر ادبیات مدل VRP ۴-۲
- ۲۳ ..... مروری بر ادبیات مدل HFFVRP ۵-۲
- ۲۶ ..... مروری بر ادبیات مدل VRPTW ۶-۲
- ۲۷ ..... مروری بر ادبیات مدل OVRP با پنجره زمانی ۱-۶-۲
- ۲۹ ..... مروری بر ادبیات مدل VRPCD با پنجره زمانی ۲-۶-۲
- ۳۰ ..... مروری بر ادبیات مدل VRPB با پنجره زمانی ۳-۶-۲
- ۳۵ ..... تصمیم گیری چند هدفه (MODM) ۷-۲

۳۵	..... ۸-۲: مروری بر ادبیات مدل VRPTW با اهداف چندگانه
۳۷	..... ۹-۲: جهت گیری تحقیقات مربوط به مسئله مسیر یابی وسیله نقلیه
۳۹	..... ۱۰-۲: جهت گیری تحقیقاتی و الگوریتم های مورد استفاده در حل VRPTW
۴۴	..... ۱۱-۲: سیر تکاملی مدل های VRPTW و الگوریتم های مورد استفاده
۴۴	..... ۱-۱۱-۲: الگوریتم های کلاسیک
۴۵	..... ۲-۱۱-۲: الگوریتم های دقیق
۴۶	..... ۳-۱۱-۲: الگوریتم های ژنتیک
۴۷	..... ۴-۱۱-۲: الگوریتم های جستجوی ممنوع
۴۸	..... ۵-۱۱-۲: الگوریتم های شبکه عصبی
۴۹	..... ۶-۱۱-۲: الگوریتم های شبیه سازی تبرید
۴۹	..... ۷-۱۱-۲: الگوریتم های مورچگان
۴۹	..... ۱۲-۲: مروری بر کاربرد و پیشینه الگوریتم سیستم کلونی مورچگان
۴۹	..... ۱-۱۲-۲: تاریخچه الگوریتم مورچگان
۵۰	..... ۲-۱۲-۲: مفاهیم پایه ای الگوریتم مورچگان
۵۳	..... ۳-۱۲-۲: مزیت های الگوریتم مورچگان
۵۴	..... ۴-۱۲-۲: انواع الگوریتم های بهینه سازی کلونی مورچگان
۵۵	..... ۱۳-۲: مطالعه مقالات کلیدی
۵۵	..... ۱۴-۲: جمع بندی

### فصل سوم: روش شناسی تحقیق

۵۷	..... ۱-۳: مقدمه
۵۷	..... ۲-۳: تشریح مسئله تحقیق
۵۸	..... ۳-۳: بیان ریاضی مسئله
۵۹	..... ۴-۳: مفروضات مسئله
۶۱	..... ۵-۳: اطلاعات ورودی



۶۲	..... ۶-۳: تعریف پارامترها و متغیرهای مدل
۶۳	..... ۷-۳: مدل پیشنهادی
۶۴	..... ۸-۳: تشریح مدل
۶۵	..... ۹-۳: جمع بندی

### فصل چهارم: تجزیه و تحلیل یافته های تحقیق

۶۷	..... ۱-۴: مقدمه
۶۸	..... ۲-۴: بهینه سازی چند هدفه
۶۸	..... ۳-۴: مفهوم بهینه پاره تو
۶۹	..... ۴-۴: الگوریتم MOACO و مولفه های آن
۷۴	..... ۵-۴: الگوریتم AS در مقابل الگوریتم MAS
۷۵	..... ۶-۴: الگوریتم سیستم کلونی مورچگان چند هدفه MACS
۷۷	..... ۱-۶-۴: تعیین مقدار فرومون اولیه
۷۷	..... ۱-۶-۴: الگوریتم نزدیکترین همسایگی (NN)
۷۸	..... ۲-۶-۴: فاز ساختن جواب در الگوریتم ACS
۷۸	..... ۱-۲-۶-۴: قانون نسبی شبه تصادفی
۸۰	..... ۳-۶-۴: فاز بروز رسانی فرومون در الگوریتم ACS
۸۰	..... ۱-۳-۶-۴: قاعده Global update
۸۰	..... ۲-۳-۶-۴: قاعده Local update
۸۱	..... ۷-۴: عمل گره های تبخیر و تشویق
۸۱	..... ۸-۴: الگوریتم پیشنهادی
۸۴	..... ۹-۴: اعتبار سنجی و حل مدل
۸۴	..... ۱-۹-۴: تنظیم پارامترها
۸۴	..... ۲-۹-۴: تجزیه و تحلیل داده ها و نتایج
۸۵	..... ۱-۲-۹-۴: تحلیل آزمون اعتبار سنجی سالامون
۹۰	..... ۲-۲-۹-۴: تحلیل نتایج حل مدل با توجه به داده های مسئله اصلی

۹۳ ..... ۱۰-۴: جمع بندی

### فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۹۴ ..... ۱-۵: مقدمه

۹۴ ..... ۲-۵: جمع بندی تحقیق

۹۵ ..... ۳-۵: دستاوردهای تحقیق

۹۶ ..... ۴-۵: زمینه های تحقیقات آتی

### فهرست شکل ها

شکل ۱-۱: نمایش مسئله مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی ..... ۳

شکل ۱-۲: مسیر های تعیین شده در یک مسئله مسیریابی وسیله نقلیه ..... ۱۷

شکل ۲-۲: نمونه ای از حل یک مسئله OVRP ..... ۲۱

شکل ۳-۲: نمونه ای از مسئله VRPCD ..... ۲۱

شکل ۱-۴: فضای هدف و تصمیم یک مسئله مینیم سازی چند هدفه ..... ۶۹

شکل ۲-۴: نمایش مسئله به صورت یک مدل TSP ..... ۸۵

### فهرست جداول

جدول ۱-۲: جهت گیری تحقیقاتی و الگوریتم های مورد استفاده برای حل مسائل عمومی VRP ..... ۳۹

جدول ۲-۲: حوزه ها و جهت گیری های تحقیقاتی مسئله VRPTW ..... ۴۲

جدول ۳-۲: الگوریتم های مورد استفاده برای حل مسئله VRPTW ..... ۴۳

جدول ۴-۲: الگوریتم های مورد استفاده در حل VRPTW ..... ۴۳

جدول ۱-۴: مولفه های الگوریتمی MOACO و مقادیر آنها ..... ۷۲

جدول ۲-۴: طبقه بندی الگوریتم های MOACO بر اساس مولفه های الگوریتمی ..... ۷۳

جدول ۳-۴: مقایسه نتایج تابع هدف اول در الگوریتم پیشنهادی با سایر الگوریتم ها ..... ۸۹

- جدول ۴-۴: مقادیر پارامترها و داده های مسئله اصلی ..... ۹۰
- جدول ۵-۴: مجموعه پاره تو حاصل از سه تکرار ..... ۹۱
- جدول ۶-۴: مقادیر توابع هدف به ازای جواب های پاره تویی ..... ۹۱
- جدول ۷-۴: مقادیر مربوط به پنجره زمانی هر گره ..... ۹۲

### فهرست نمودارها

- نمودار ۱-۱: روش کلی تحقیق ..... ۶
- نمودار ۲-۱: فرایند کلی تحقیق ..... ۹

فصل اول

کلیات تحقیق

صنعت تولید نفت و گاز از میادین واقع در خشکی حدود ۶۳ درصد از کل نفت دنیا را به خود اختصاص داده است. در ایران، این رقم سهم ۷۵ درصدی از کل تولید نفت را نشان میدهد. بنابراین می توان گفت که صنایع نفتی در این بخش (میادین واقع در خشکی) در کنار بخش فرا ساحلی (میادین دریایی) نقش مهمی در اقتصاد کشور ایفا می کند. تاسیسات نفتی برای تولید مداوم به پشتیبانی مداوم نیاز دارند. پشتیبانی تاسیسات نفتی در این بخش، که به عنوان لجستیک بالا دستی نفت شناخته می شود، بخش مهمی از هزینه های شرکت های نفتی را تشکیل می دهد. تامین آب، غذا، تجهیزات و مواد مورد نیاز برای تاسیسات نفتی توسط ناوگان حمل و نقل متشکل از وسایل نقلیه ای که لزوماً از یک نوع و ترکیب، اندازه و ظرفیت نیستند (وسایل نقلیه نا همگن) انجام می شود (جعفری، ۲۰۰۳).

برنامه ریزی ناوگان حمل و نقل به جهت اثربخشی و کارا تر شدن سفرها به خدمت گرفته می شود. البته برنامه ریزی ناوگان با توجه به عملیات مورد انتظار از وسایل نقلیه، ماهیت مساله، محدودیتهای موجود، پیچیدگی مدل سازی و حل مساله شکلهای مختلفی دارد. هزینه های مربوط به حمل و نقل یکی از بخشهای عمده تشکیل دهنده قیمت تمام شده محصولات است، تحقیقات انجام شده در دهه ۱۹۷۰ میزان هزینه های حمل و نقل در امریکا را بیش از ۱۶٪ ارزش فروش یک محصول نشان می دهد (کیرنی، ۱۹۸۰). مقدار هزینه فوق در دهه ۱۹۸۰ حدود ۱۰/۶٪ و در دهه ۱۹۹۰ حدود ۱۰/۳٪ قیمت تمام شده محصولات تخمین زده شده است (میلیگان، ۲۰۰۰).

عملیات مورد انتظار از وسایل نقلیه معمولاً شامل توزیع (Dispatching)، جمع آوری (Gathering)، برداشت و گذاشت (Pickup-and Delivery)، ابتدا توزیع و سپس جمع آوری (Back hauling) و نظایر این ها است. ماهیت مساله بستگی به نوع تقاضا (قطعی، احتمالی)، تعداد دپوها (یک یا چند دپو)، نوع وسایل نقلیه (همگن، غیر همگن)، نوع مسیرها (جهت دار یا بدون جهت)، محل استقرار مشتریان، چگونگی نیاز مشتریان (با نرخ یا پریود ثابت، با نرخ یا پریود متفاوت، به صورت دفعی یا یکجا) و غیره دارد. محدودیت های موجود شامل ظرفیت وسایل نقلیه، طول فاصله یا زمان رفت و برگشت (محدود، یکسان، محدود و متفاوت، نامحدود)، زمان ارائه خدمت به مشتری و یا عرضه کننده (نامشخص، بازه زمانی معلوم، احتمالی) و مانند اینهاست.

اهداف مورد نظر نیز می تواند شامل به حداقل رساندن هزینه ها نظیر کل هزینه سفر، کل مسافت یا زمان طی شده، تعداد کل وسایل نقلیه مورد نیاز و یا مجموع کل هزینه ها و یا به حداکثر رساندن منفی چون خدمت رسانی به تعداد بیشتری از مشتریان و یا برآورده سازی نیازهای متقاضیان باشد. با توجه به اهمیت مبحث حمل و نقل و همچنین تنوع و اهمیت فوق العاده زیاد برنامه ریزی ناوگان حمل و نقل این موضوع به عنوان یکی از جذاب ترین زمینه های تحقیقاتی مورد علاقه بسیاری از رشته ها مانند مهندسی صنایع، کامپیوتر، عمران، مدیریت و ... قرار گرفته است. هر یک از تحقیقات انجام شده بخشهایی از مساله برنامه ریزی ناوگان را مورد توجه قرار داده و روشهای حل مختلفی پیشنهاد نموده اند. معمولاً برای حل حوزه های مختلف مساله ابتدا مدل ریاضی طراحی شده در صورت امکان مدل ریاضی حل می شود و اگر این امکان وجود نداشته باشد برای مساله الگوریتم های ابتکاری کلاسیک و یا فوق ابتکاری ارائه می شود.

## ۱-۲- شکل گیری ایده تحقیق:

یکی از مباحث مهم که در چند دهه اخیر کاربرد بسیار بالایی در عمل داشته و برای افزایش کارایی و بهره وری سیستم های حمل و نقل مطرح شده است، بحث مساله مسیریابی وسیله نقلیه<sup>۱</sup> (VRP) است. مساله مسیریابی وسایل نقلیه به مجموعه ای از مسائل اطلاق می گردد که در آن تعدادی خودرو متمرکز در یک یا چند قرارگاه (دیو مرکزی) بایستی به مجموعه ای از مشتریان مراجعه نموده و خدمتی را ارائه دهند که هر یک دارای تقاضای معینی می باشند و در نهایت به دیو مرکزی برگردند (توکلی مقدم، ۱۳۸۵).

البته کاربرد مسیریابی وسیله نقلیه، تنها در حمل و نقل اجناس بین واحدهای تجاری و صنعتی نبوده و در بسیاری از زمینه ها قابل مشاهده میباشد. پارتیکا و هال (اکسیوگلو و همکاران، ۲۰۰۹) لیستی غیر جامع از کاربردهای مسیریابی وسیله نقلیه در صنعت ارائه دادند. برخی از این موارد عبارتند از: تحویل نوشابه به رستوران، برنامه ریزی و تحویل پول به دستگاههای خود پرداز، حمل و تامین پویای سوخت، خدمات تعمیر دستگاه در محل، مدیریت موجودی، انتقال زندانیان بین زندان و دادگاه، جمع آوری زباله و ارسال آنها، انتقال عمده از انبارها به خرده فروشان و غیره. یکی از مهمترین گسترش های مساله مسیریابی وسیله نقلیه، مساله مسیریابی با ناوگان نا همگن ثابت<sup>۲</sup> (HFFVRP) است که هدف آن سرویس دهی به مشتریان با تعدادی وسیله نقلیه محدود است، به طوری که حداکثر بار قابل بار گذاری و هزینه پیمایش هر واحد فاصله برای هر وسیله نقلیه با یکدیگر تفاوت دارند (تقوی فرد و شیخ، ۱۳۸۸).

در این مساله وسایل نقلیه از نظر ظرفیت، هزینه ثابت (نگهداری و تعمیر) و هزینه متغیر (واحد مسافت) با یکدیگر تفاوت دارند که از هر نوع تعداد ثابت و مشخصی وجود دارد. به عبارت دیگر در این مساله با مشخص بودن تعداد هر دسته از وسایل نقلیه، چگونگی استفاده بهینه از این ناوگان، برای سرویس دهی به مشتریان، مورد نظر است که سبب به دست آمدن کمترین هزینه شود. توجه به این نکته ضروری است که در صنعت حمل و نقل به ندرت از ناوگان همگن که در آن وسایل نقلیه با هم مشابهت کامل دارند، برای ارائه خدمات مختلف به مشتریان استفاده میشود زیرا یک ناوگان معمولاً برای مدت زمان طولانی خریداری میشود و صاحبان شرکتها به طور معمول تمایل دارند که دارای ناوگانی از وسایل نقلیه متفاوت برای فعالیت در زمینه های مختلف باشند (دیده ور و همکاران، ۱۳۹۱).

با توجه به ماهیت فعالیتها و عملیات اندازه گیری مخازن حلقه های چاه نفت در شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون و انواع متفاوتی از وسایل نقلیه (نیسان پیکاپ دو کابین و تک کابین، پاترول، جرثقیل و ...) که دارای هزینه سوخت مصرفی، سرعت در هر واحد، هزینه نگهداری و تعمیرات متفاوتی هستند. مدل مورد استفاده در پژوهش حاضر به لحاظ فرم کلی از نوع مدل مسیریابی با ناوگان نا همگن ثابت است. البته با در نظر گرفتن محدودیت زمانی در فرایند اندازه گیری مخازن توسط تیم مهندسی نفت، مدل به مساله مسیریابی وسایل نقلیه با پنجره زمانی<sup>۳</sup> (VRPTW) قابل تبدیل است.

<sup>۱</sup> Vehicle Routing Problem

<sup>۲</sup> Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem

<sup>۳</sup> Vehicle Routing Problem With Time Window

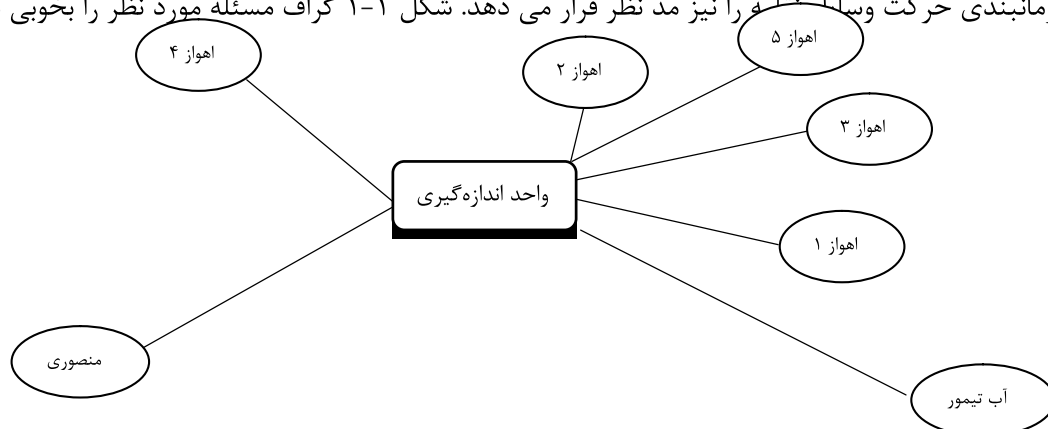
## فصل اول : کلیات تحقیق

با این تفاوت که با توجه به مصاحبه ای که با مدیر واحد عملیات چاه های شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون به عمل آمد و مشخص شد که با توجه به حساسیت عملیات اندازه گیری و بازرسی ذخایر به هیچ وجه این بازه نباید نقض گردد لذا محدودیت زودترین زمان و دیرترین زمان ورود به هر گره (حلقه چاه نفت) توسط تیم اعزامی باید رعایت شود بدین ترتیب مسئله مورد نظر از نوع مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی سخت است.

در مدل های مسیریابی با پنجره زمانی نرم، بازه زمانی مورد نظر مشتری می تواند نقض شود اما به منظور توجه به محدودیت زمانی یک جریمه دیر کرد در نظر گرفته میشود که در تابع هدف سعی میشود مجموع هزینه های دیر کرد و زمان انتظار در محل مشتری به واسطه زود کرد حداقل شود .

توسعه دیگری که در مساله مسیریابی وسایل نقلیه با پنجره زمانی در پژوهش حاضر مدنظر قرار خواهد گرفت در نظر گرفتن چندین هدف و سعی در برآوردن همزمان آنهاست. با توجه به محدودیت واحد اندازه گیری مخازن به لحاظ تعداد خودرو در دسترس و اینکه تعدادی از وسایل نقلیه برای مقاصد دیگر از جمله جابجایی نیروی انسانی بین واحدها مورد استفاده قرار میگیرد، و اینکه افزایش زمان توقف(خواب) خودروها در گره ها برای شرکت هزینه بر است، هدف کمینه کردن زمان توقف خودروها نیز به عنوان تابع هدف در نظر گرفته خواهد شد. این زمان توقف از تفاوت دو زمان شروع سرویس در گره و زمان رسیدن به گره بدست می آید، با توجه به محدودیت پنجره زمانی هر گره اگر وسیله نقلیه زودتر از موعد در گره حاضر شود تا شروع زمان سرویس دهی مجبور است توقف کند و لذا یکی از اهداف مدل کاهش همین زمان توقف است.

با مطالعه ادبیات موضوع متوجه شدیم که بعضی از تحقیقات به کمینه کردن هزینه های حمل و نقل از بعد مسافت طی شده و بعضی از بعد مسافت/زمان طی شده پرداخته اند، در این پژوهش هر دو بعد در تابع هدف مدنظر قرار میگیرند یعنی علاوه بر ماتریس مسافت طی شده، ماتریس زمان سفر از گره 1 به گره 2 در نظر گرفته میشود. دلیل پرداختن به این موضوع این است که با توجه به شرایط خاص موقعیتی و مکانی هر یک از میادین چاه نفت، شبکه نامتقارنی از مسیرها وجود دارد(وجود مسیرهای یک طرفه) که در زمان سفر تاثیر گذار است. از این رو مدل ارائه شده در این تحقیق به نوعی زمانبندی حرکت وسایل نقلیه را نیز مد نظر قرار می دهد. شکل 1-1 گراف مسئله مورد نظر را بخوبی نشان میدهد.



شکل 1-1: نمایش مسئله مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی

### ۱-۳- روشهای حل مساله تحقیق:

مسائل بسیاری در رده مسائل NP-complete وجود دارند و همانگونه که در ادامه (فصل دوم) بحث خواهیم کرد احتمال بسیار ضعیفی وجود دارد که بتوانیم الگوریتمی با زمان چند جمله ای جهت حل دقیق آنها بیابیم ( آیزولو و همکاران، ۲۰۰۹).

در بسیاری از این مسائل الگوریتم هایی با درجه پیچیدگی زمانی نمایی وجود دارند که جهت نمود هایی از مسائل که کوچک هستند به خوبی و به سرعت جواب می دهند. همچنین هنگامی که مسائلی با ابعاد بزرگ در این رده موجود باشند، می توان الگوریتم هایی با درجه چند جمله ای یافت که جواب های نزدیک به بهینه خوبی را بدهند.

به طور کلی جهت حل مسائل بهینه سازی ترکیبی که در رده NP-complete قرار دارند، روش های زیادی وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و معایبی است. در حالت کلی می توان این روشها را به دو دسته کلی الگوریتم های دقیق و الگوریتم های تخمینی تقسیم بندی کرد. الگوریتم های دقیق زمان بیشتر و در نتیجه هزینه بیشتری را برای رسیدن به این جوابها صرف میکنند(ظفری و همکاران، ۱۳۸۹).

اما در نقطه مقابل، الگوریتم های تخمینی از این قاعده مستثنی بوده و در یک زمان اندک به جواب میرسند هر چند که ممکن است جواب مربوطه متناسب با اندازه مساله دارای دقت کمتری در مقایسه با الگوریتم های دقیق باشد. این گونه از روشها خود به سه دسته الگوریتم های ابتکاری، فراابتکاری و ترکیبی دسته بندی میشوند(ظفری و همکاران، ۱۳۸۹).

### ۱-۴: روش انجام تحقیق

#### ۱-۴-۱: هدف های تحقیق یا نتایج مورد انتظار

هدف اصلی این تحقیق حل مساله مسیریابی چندهدفه وسایل نقلیه با پنجره زمانی است که کاربردهای فراوانی در شرکتهای و موسسات تولیدی و خدماتی دارد. معمولا برای حل مسائل، ابتدا از واقعیات مدلی ساخته میشود و سپس مدل به کمک الگوریتم هایی که کارایی بهتری دارند حل میشود. تبدیل واقعیات به مدل توسط مفروضاتی صورت میگیرد و در برخی از موارد این مفروضات به جهت ساده سازی مدل بوجود میآیند.

مبحث همگن یا نا همگن بودن وسایل نقلیه یکی از این فرضیات است که معمولا به جهت ساده شدن مساله به کار گرفته میشود، در حالیکه اکثر کاربردهای مساله مسیریابی در عمل به صورت نا همگن میباشد. در این پژوهش سعی میشود تا از فرضیاتی که به جهت ساده سازی انتخاب میشوند کمتر بهره گرفته شود تا مساله همانطور که در واقعیت وجود دارد مدل شود. بدین ترتیب هدف عمده از حل مساله مسیریابی وسایل نقلیه در کاهش مسیرهای زائد و کاهش کل مسیر و یا حداقل کردن هزینه های مربوط به حمل و نقل است.

هدف عمده دیگر در این پژوهش حداقل کردن زمان توقفات(خواب) وسایل نقلیه در پایانه مرکزی است این هدف به طور مستقیم روی هدف اول تاثیر گذار است و با آن در تناقض خواهد بود به نحوی که با حداکثر کردن استفاده از وسایل نقلیه، هزینه های ثابت(تعمیرات و نگهداری) و متغیر(در واحد مسافت) حمل و نقل به نحو محسوسی افزایش میابد. بعلاوه حداقل کردن تعداد ناوگان، زمان بندی و بهینه سازی تنوع ناوگان از اهداف فرعی این پژوهش میباشد.



### ۱-۴-۲: روش تحقیق

جهت حصول به اهداف عمده تحقیق، ابتدا برای مساله تعریف شده یک مدل ریاضی چند هدفه صفر و یک ارائه میگردد. مساله دارای ابعاد نسبتاً بزرگی است. تعداد وسایل نقلیه ۴ نوع است. ظرفیت وسایل نقلیه در روز ۳۰ مورد رسیدگی در نظر گرفته شده است. مسافت بین گره ها نیز در پیوست شماره ۳ آورده شده است، واحد اندازه گیری مخازن به عنوان دپوی مرکزی و حوزه های نفتی اهواز ۵، ۴، ۳، ۲، ۱، واحد آب تیمور و واحد منصوری به عنوان مناطق نفتی متقاضی دریافت خدمات اندازه گیری و بازرسی (مشتری) در نظر گرفته میشود. با توجه به اینکه ثابت شده است که مسئله فروشنده دوره گرد از دسته مسائل سخت میباشد (تاث و ویگو، ۲۰۰۲)، از آنجا که مساله مسیریابی وسیله نقلیه نیز حالت پیچیده مسئله TSP است میتوان گفت این مسئله در رده مسائل سخت قرار دارد (کوردوا و همکاران، ۲۰۰۶). پس در ابعاد واقعی نمیتوان به کمک روشهای بهینه سازی آنرا حل نمود، لذا روش فرا ابتکاری برای حل آن ارائه میشود و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار میگیرد. فرایند کلی تحقیق شامل ۳ گام اساسی است که در ادامه توضیح داده خواهد شد:

#### گام اول: مطالعه و شناخت مساله

در این مرحله، مسئله از پیش استخراج شده و صورت مسئله نیز در شکل‌های مختلف در مقاله‌ها و کتاب‌ها آمده است. در این مرحله وظیفه پژوهشگر اینست که با مطالعه سابقه علمی مسئله، شناخت خوبی از مسئله و عوامل ضروری برای تعریف آن بدست آورد.

عموماً یک مسئله کلاسیک دارای انواع مختلفی از جنبه هدف، محدودیتها و معیارهاست. در بعضی از موارد نوع‌شناس مدونی از مسائل کلاسیک، وجود دارد که به پژوهشگر در شناخت انواع یک مسئله کمک می‌کند. پس از شناخت کامل از مسئله و انواع آن، پژوهشگر باید یکی از انواع مسئله را انتخاب نموده و مفروضات لازم را در خصوص آن تعریف نماید. مفروضات ممکن است از پیش در نوع مسئله انتخاب شده اعمال شده باشند.

#### گام دوم: مدلسازی

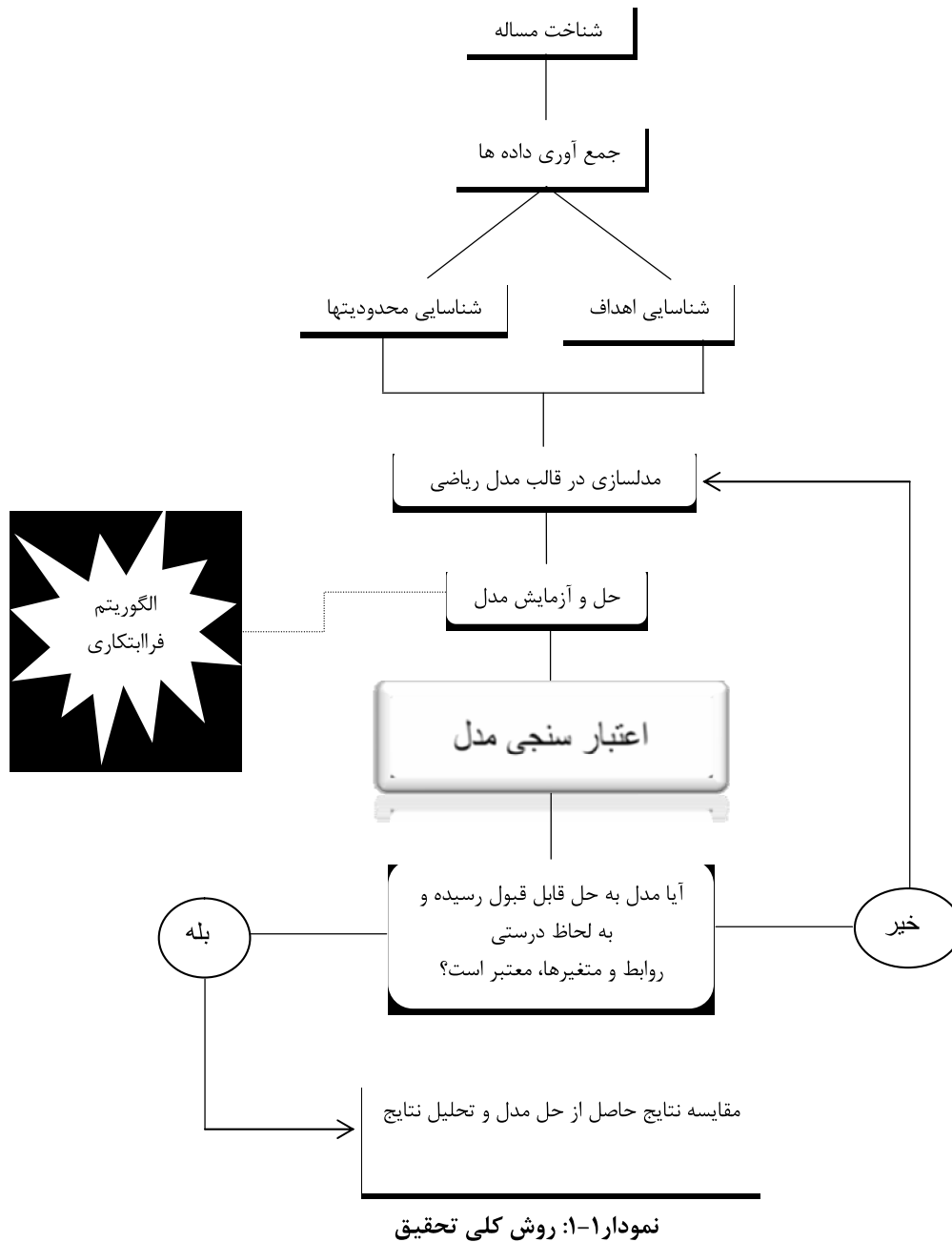
در مرحله مدلسازی قبل از شروع، باید مطالعه کاملی در خصوص مدل‌های ارائه شده برای نوع انتخاب شده از مسئله مورد بررسی قرار گیرد. آیا در این زمینه مدلی ارائه شده است؟ مدل مزبور چه خصوصیات، مزایا و معایبی دارد؟ آیا نیاز به مدلسازی جدیدی احساس می‌شود؟ مدلسازی جدید باید قابلیت و مزایای جدیدی عرضه نماید که در مدل‌های قبلی نباشد. در اینجا میتوان مدل را به گونه ای طراحی کرد که به شکل موثرتری با فنون موجود حل گردد این خود به تنهایی می تواند مزیت جدیدی محسوب گردد.

#### گام سوم: حل و اعتبار سنجی مدل

با توجه به اینکه هدف توسعه مدل کلاسیک مسیریابی وسیله نقلیه میباشد بعد از مدل سازی، مدل با یکی از فنون موجود باید حل شود. در حل مدل ممکن است با مشکلاتی برخورد کنیم که ناشی از اشتباه در مدلسازی، بدتعریفی روابط مدل یا ناتوانی فن انتخاب شده برای حل مدل باشد.

## فصل اول : کلیات تحقیق

در این شرایط می‌توان یک مورد واقعی پیدا نمود و مدل را با همان مفروضات و بدون هیچگونه تغییری در عمل پیاده نمود یا به روش ساده‌تر از داده‌های شبیه‌سازی شده یا از داده‌های مثال‌های استاندارد استفاده کرد. بدین منظور در این پژوهش از داده‌های واقعی مربوط به سال ۱۳۹۲ شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون استفاده میشود و به منظور اعتبارسنجی و بررسی کارایی مدل پیشنهادی از داده‌های مسئله نمونه سالامون با دو کلاس متفاوت استفاده شده است.



#### ۱-۴-۳: اهمیت و ضرورت تحقیق

با توجه به محدود بودن منابع و گسترش رو به رشد تقاضا در اغلب صنایع، باعث گردیده که بیشتر سازمانها به دنبال کاهش هزینه و افزایش بهره وری خود باشند. با توجه به استفاده از سوخت فسیلی در سیستم های حمل و نقل و حساس بودن این منبع بحرانی، توجه به مبحث بهره وری در بخش حمل و نقل را دو چندان مینماید. روشهای متنوعی برای کاهش هزینه های حمل و نقل وجود دارد که یکی از آنها کاهش حجم سفر میباشد. منظور از کاهش حجم سفر، بهینه نمودن حجم سفر میباشد، یعنی اینکه با حجم کمتری از مسافرت به اهداف قبلی دست یافت و یا با همان حجم قبلی سفر به اهداف بیشتری نائل شد (ستاک، ۱۳۸۵).

پژوهش حاضر با توجه به اهمیت بالایی که به بحث زمان میدهد در عمل از کاربرد بیشتری برخوردار بوده و لذا با توجه به صورت گرفتن ارائه خدمات در یک بازه زمانی پیچیدگی های زیادی داشته که با اضافه شدن محدودیت پنجره زمانی در عین پیچیدگی بسیار بالا به یک مبحث کاربردی در عمل بسیار نزدیک میگردد.

#### ۱-۴-۴: روش گردآوری و تحلیل داده ها

یکی از اصلی ترین منابع تحقیق مطالعه کتابهای پایه ای مرتبط با موضوع است که دانش اولیه را به محقق ارائه میدهد. به علاوه داده های مورد نیاز از طریق مطالعات کتابخانه ای و استفاده از مستندات مرتبط جمع آوری خواهد شد. سعی خواهد شد تا با بررسی ادبیات موضوع و مطالعه مقاله ها و پایان نامه های مرتبط، لبه های تیز فیلد مورد تحقیق شناسایی شود و نوآوری تحقیق به شکل بارز معین گردد.

مساله مسیریابی وسایل نقلیه، توسط گری و جانسون در سال ۱۹۷۹ و یانو و همکارانش در سال ۱۹۸۷ به اثبات رسیده است که جزء مسائل NP-Hard است (تاث و ویگو، ۲۰۰۲). به علاوه تاث و ویگو در کتابی که در سال ۲۰۰۲ منتشر شد نشان دادند که مساله مسیریابی وسایل نقلیه با حجم محدود، از نوع NP-Hard میباشد (تاث و ویگو، ۲۰۰۲).

کوردوا و همکارانش در کتاب مسیریابی وسیله نقلیه (راهنمای حمل و نقل در تحقیق در عملیات) که در سال ۲۰۰۶ منتشر شد اثبات کردند که مساله مسیریابی وسیله نقلیه از نوع مسائل سخت است (کوردوا و همکاران، ۲۰۰۶).

لذا مساله مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی در پژوهش حاضر که بر لزوم وجود محدودیت زمانی تاکید کرده است به دلیل اینکه توسعه مساله مسیریابی وسایل نقلیه با حجم محدود میباشد، در زمره مسائل NP-Hard طبقه بندی میگردد. به گونه ای که حتی یافتن یک جواب بهینه برای ابعاد کوچک آن بسیار دشوار و زمان بر است (وزلی و چی شنگ، ۲۰۰۱).

تعدادی از محققان روش های حل ابتکاری برای حل این مساله ارائه نموده اما به علت پیچیدگی این مساله، معمولا جواب های آنها رضایت بخش نبوده اند. بعلاوه روشهای حل فرا ابتکاری برای حل این مساله نیز بکار گرفته شده اند (ریزولی، ۲۰۱۰).

این روشهای فرا ابتکاری دارای توانایی لازم برای فرار از نقاط بهینه محلی و بعلاوه یافتن جواب های بهینه یا نزدیک به بهینه در مدت زمان معقول میباشد.

#### ۱-۴-۵: قلمرو مکانی تحقیق

تحقیق حاضر در مورد شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون و در واحد اندازه گیری مخازن این شرکت انجام خواهد گرفت. شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون زیر مجموعه شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب است که در منطقه عملیاتی کارون و در شهرستان اهواز واقع شده است.

این شرکت مسئولیت نظارت و کنترل بر میداین نفت و گاز واقع در این شهرستان و حومه آن را دارد. روزانه بررسی های لازم توسط تیم مهندسی این واحد به منظور ثبت میزان فشار گاز و بازرسی از حلقه های چاه نفت صورت می گیرد. به طور کلی این منطقه دارای ۷ حوزه نفتی است که ۵ حوزه در شهرستان اهواز، ۱ حوزه در حومه منصوری و ۱ حوزه در حومه آب تیمور قرار دارد. نفت استخراجی از این حوزه ها دارای دو کیفیت، **آساری**: نفت با مرغوبیت بالاتر و **ننگستان**: نفت خام با مرغوبیت پایین تر و سنگین تر است که در مجموع دو نوع حلقه چاهی که وجود دارد، منطقه اهواز دارای ۳۶۳ حلقه چاه، حومه منصوری ۹۲ حلقه و حومه آب تیمور ۶۱ حلقه است. البته منطقه رامین نیز از توابع شهرستان اهواز تحت نظارت و بازرسی این واحد قرار دارد اما به دلیل اینکه این منطقه خود به تنهایی به حوزه های دیگری تقسیم شده و در حقیقت از توابع شهرستان اهواز می باشد از آن صرفنظر شده است.

#### ۱-۴-۶: شرح اصطلاحات تخصصی تحقیق

##### مسیریابی وسیله نقلیه (VRP):

مساله مسیریابی وسایل نقلیه به مجموعه ای از مسائل اطلاق می گردد که در آن تعدادی خودرو متمرکز در یک یا چند قرارگاه (دپو مرکزی) بایستی به مجموعه ای از مشتریان مراجعه نموده و خدمتی را ارائه دهند که هر یک دارای تقاضای معینی می باشند (توکلی مقدم، ۱۳۸۵).

##### مساله مسیریابی با ناوگان نا همگن ثابت (HFFVRP):

یکی از مهمترین گسترش های مساله مسیریابی وسیله نقلیه، مساله مسیریابی با ناوگان نا همگن ثابت، است که هدف آن سرویس دهی به مشتریان با تعدادی وسیله نقلیه محدود است، به طوری که حداکثر بار قابل بار گذاری و هزینه پیمایش هر واحد فاصله برای هر وسیله نقلیه با یکدیگر تفاوت دارند (تقوی فرد و شیخ، ۱۳۸۸).

##### مساله مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی (VRPTW):

هدف این مساله به کارگرفتن ناوگانی از وسایل نقلیه با ظرفیتهای معین جهت خدمت دهی به تعداد معینی از مشتریان با تقاضاهای متفاوت و محدودیتهای زمانی متفاوت می باشد، به گونه ای که هزینه ها کمینه شده و ظرفیت ها و نیز پنجره زمانی نقض نگردند.

##### مساله مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی سخت (VRPHTW):

در این نوع مدل های TW، وسایل نقلیه ملزم به انجام سرویس به یک مشتری در بازه زمانی معین می باشند به عبارت دیگر زمان سرویس حتما باید در این بازه صورت گیرد.