



اداره کل تحصیلات تکمیلی  
گروه تحصیلات تکمیلی مهندسی صنایع  
پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع

موضوع پایاننامه

**مسیریابی ناوگان ناهمگن وسایل نقلیه با حمل در بازگشت همراه با محدودیت عدم**

**دسترسی به بعضی وسایل نقلیه و تقسیم تقاضا**

**به روش کلونی مورچگان چندگانه**

استاد راهنما

**جناب آقای دکتر عزیزاله جعفری**

استاد مشاور

**جناب آقای دکتر مهدی شریف یزدی**

دانشجو

**محسن فرقانی**

پاییز ۱۳۸۸

*Ministry of Sciences, Researches and Technique*



*University of science and culture*

*Department of Industrial Engineering*  
*“M. SC” Thesis*

*Subject*

*A multi ant colony system for The Fleet Size and Mix vehicle  
Routing Problem with backhauls, Limited vehicle Access  
Availability and Split Service*

*Thesis Advisor*

*A. Jafari PH.D*

*Consulting Advisor*

*M. sharif Yazdi PH.D*

*By*

*Mohsen Forghani*

2010

تقدیم به خدایی که در این نزدیکی است...

و از من به من نزدیک تر

خدایی که همیشه و همه جا دستم را گرفته است

تقدیم

به دستکاری پدرم

و شیدایی و مهربانی مادرم

که هر چه آموخته ام از شوق آن ما بود به سرافرازی من و احساس مقدسشان همیشه در  
وجودم جاریست.

و تقدیم به برادر و خواهر عزیزم

که وجود سبزشان، امید بخش ادامه راه زندگی برای من است

حال که به حول و قوه الهی نگارش این نوشتار به پایان رسیده بر خود فرض می‌دانم که مراتب تشکر و قدردانی خود را نشانگرسانی  
نمایم که در این راه دشوار نهایت همکاری را با اینجانب مبذول داشتند.

تقدیر و تشکر بی‌انتهای استاد دکتر اتقدر

جناب آقای دکتر عزیزاله جعفری، استاد راهنمای عزیزم

به پاس همه روشنگری‌ها، دلسوزی‌ها و حمایت‌های بی‌دینشان

و تقدیر و تشکر از استاد مشاور عزیزم

جناب آقای دکتر مهدی شریف‌نزدی

به پاس تمام همفکری‌ها و همراهی‌های صمیمانه‌شان

و سپاس و تشکر فراوان از تمام کسانی که با کمک‌های بی‌دینشان من را در انجام این تحقیق یاری و  
حمایت نمودند.

محسن فرقانی

پاییز ۱۳۸۸

## چکیده

حمل و نقل در سیستم‌های اقتصادی اعم از تولیدی و خدماتی از جایگاه مهمی برخوردار است و بخش قابل توجهی از  $GNP$  (تولید ناخالص ملی) هر کشوری را به خود اختصاص می‌دهد. به همین جهت محققان نسبت به بهبود مسیرها، حذف سفرهای غیرضروری و یا ایجاد مسیرهای کوتاه جایگزین، اقدام نموده‌اند. مباحثی مانند فروشنده دوره‌گرد، مسیریابی وسیله نقلیه و غیره در همین راستا توسعه یافته‌اند.

در این پایان‌نامه پس از بیان کلیات تحقیق، مرور کاملی بر روی تاریخچه مسأله مسیریابی وسایل نقلیه و آشنایی با انواع مدل‌های موجود در این زمینه انجام شده است. با رجوع به ادبیات موضوع و توجه به مشکلات و محدودیت‌هایی که در دنیای واقعی امکان رخداد آن برای هر شرکت توزیع یا تولیدکننده انبوه وجود دارد، محدودیت‌های عملیاتی را در نظر گرفته و براساس آن مسأله مورد نظر تعریف و مدل‌سازی شد.

برای حل مدل پیشنهادی، به منظور دستیابی به بهترین جواب ممکن جهت کاهش هزینه به عنوان تابع هدف مسأله و  $NP-hard$  بودن آن، از میان روش‌های فراابتکاری موجود، الگوریتم کلونی مورچه - با توجه به سابقه این متد در حل مسایلی از این دست - را انتخاب کرده‌ایم. با توجه به ساختار پایه‌ای این روش، الگوریتم مورچه چندگانه را به فراخور پیچیدگی مسأله، طراحی و ضمن آزمون نمودن صحت نتایج الگوریتم پیشنهادی، یک الگوریتم ابتکاری کوتاه‌ترین مسیر اصلاح شده‌ای را ارایه و از آن به عنوان یک حد بالا برای اعتبارسنجی نتایج، مورد استفاده قرار داده‌ایم. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی از کارایی مناسبی برخوردار است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول کلیات تحقیق
۲	۱- مقدمه
۲	۲- ضرورت و اهمیت برنامه‌ریزی حمل‌ونقل
۳	۳- حمل‌ونقل در ایران
۴	۴- ضرورت تحقیق
۵	۵- تعریف مسأله
۶	۶- اهداف تحقیق
۷	۷- فرض‌های تحقیق
۷	۸- بهره‌برداران از نتیجه پایان‌نامه
۸	فصل دوم مروری بر ادبیات مسأله مسیریابی وسایل نقلیه
۹	۱- مقدمه
۱۲	۲- برخی از تعاریف
۱۵	۳- تعریف مسأله فروشنده دوره‌گرد ( <i>TSP</i> )
۱۷	۴- مدل ریاضی مسأله فروشنده دوره‌گرد
۱۹	۵- مسیریابی گره‌ای و مسیریابی سویه‌ای
۲۱	۶- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه
۲۳	۷- مدل‌سازی <i>VRP</i>
۲۵	۸- مشکل هم‌بندی
۲۶	۹- مروری بر ادبیات مسأله مسیریابی وسیله نقلیه
۳۰	۱۰- برخی از مشکل‌های مدل‌سازی <i>VRP</i> در شرایط واقعی
۳۱	۱۱- معرفی مسائل کلاسیک مسیریابی وسیله نقلیه
۳۳	۱۱-۱- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با محدودیت ظرفیت
۳۳	۱۱-۲- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با محدودیت مسافت طی شده
۳۴	۱۱-۳- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با محدودیت انجام خدمت در یک فاصله زمانی

۳۶	۱۱-۳-۱- مدلهای سخت
۳۷	۱۱-۳-۲- مدلهای نرم
۳۸	۱۱-۳-۳- مروری بر ادبیات مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با محدودیت فاصله زمانی
۴۲	۱۱-۳- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با دیدگاه دریافت و تحویل
۴۵	مروری بر ادبیات مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با دیدگاه دریافت و تحویل
۴۷	۱۱-۵- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با حمل در بازگشت
۴۸	مروری بر ادبیات مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با حمل در بازگشت
۵۳	۱۲- طبقه بندی غیر کلاسیک مسائل مسیریابی وسیله نقلیه
۵۴	۱۲-۱- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با چند قرارگاه
۵۴	۱۲-۲- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه احتمالی
۵۶	بیان چند نمونه عملی
۵۶	۱۲-۳- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با وسایل همگن و یا وسایل متفاوت
۵۹	۱۲-۴- مسأله مسیریابی وسیله نقلیه در شبکه‌های متقارن و یا نامتقارن
۵۹	۱۲-۵- مسأله مسیریابی دوره‌ای وسیله نقلیه
۶۱	۱۳- جهت‌گیری تحقیقات مربوطه به مسأله مسیریابی وسیله نقلیه
۶۳	فصل سوم- تعریف مسأله
۶۴	۱- مقدمه
۶۴	۲- تعریف مسأله
۶۶	۲-۱- مشتریان
۶۷	۲-۲- وسیله نقلیه
۶۸	۲-۳- امکان تقسیم فرآیند تحویل وجود دارد
۶۸	۳- مدل ریاضی مسأله
۶۸	۳-۱- پارامترهای ورودی
۶۹	۳-۲- متغیرهای تصمیم‌گیری
۷۰	۳-۳- خروجی‌ها
۷۰	۳-۴- مدل ریاضی
۷۳	فصل چهارم- الگوریتم کلونی مورچگان

۷۴	۱- مقدمه .....
۷۶	۲- الگوریتم کلونی مورچه .....
۷۸	۳- مورچه‌ها چگونه می‌توانند کوتاه‌ترین مسیر را پیدا کنند؟ .....
۸۰	۴- کاربردهای <i>ACO</i> .....
۸۳	۵- سیستم مورچه .....
۸۴	۵-۱- ساخت دور کامل .....
۸۵	۵-۲- به‌روزرسانی فرمون .....
۸۵	۶- سیستم مورچه برگزیده .....
۸۶	۷- سیستم مورچه رتبه‌بندی شده .....
۸۶	نحوه رتبه‌بندی و به‌روزرسانی فرمون .....
۸۷	۸- سیستم مورچه <i>Max-Min</i> .....
۸۸	به‌روزرسانی فرمون .....
۸۸	۹- سیستم کلونی مورچه .....
۸۸	۹-۱- ساخت دور کامل بین شهرها .....
۸۹	۹-۲- به‌روزرسانی سراسری فرمون .....
۸۹	۹-۳- به‌روزرسانی محلی فرمون .....
۹۰	۹-۴- لیست منتخب .....
۹۰	۱۰- جستجوی محلی .....
۹۱	تغییرات $k$ تایی در همسایگی‌ها .....
۹۱	۱۱- تلفیق جستجوی محلی و <i>ACO</i> .....
۹۲	۱۱-۱- سوالات مطرح در هنگام تلفیق این دو روش .....
۹۳	۱۱-۱-۱- تعداد مورچه‌ها .....
۹۳	۱۱-۱-۲- اطلاعات ابتکاری .....
۹۴	۱۲- کاربرد <i>ACO</i> در مسیریابی وسایل نقلیه .....
۹۴	۱۲-۱- مسیریابی وسایل نقلیه .....
۹۵	۱۲-۲- بکارگیری <i>ACO</i> در <i>VRP</i> .....
۹۷	۱۳- تجارب محاسباتی الگوریتم مورچه و دلایل کاربرد آن .....
۹۹	۱۴- <i>HAS-VRP</i> .....



۱۰۱	فصل پنجم الگوریتم پیشنهادی به همراه آنالیز نتایج
۱۰۲	۱- مقدمه
۱۰۳	۲- الگوریتم پیشنهادی
۱۰۵	۲-۱- تولید جواب توسط مورچه
۱۰۷	۲-۱-۱- فاز اول
۱۰۹	۲-۱-۲- فاز دوم
۱۱۰	۲-۲- استفاده از جستجوی محلی
۱۱۱	۲-۳- به روزآوری اثر فرمون
۱۱۴	۳- بررسی الگوریتم و تحلیل نتایج
۱۲۵	۴- نتیجه گیری
۱۲۷	۵- پیشنهاد برای آینده:

مراجع

پیوست

## فهرست جداول

- جدول ۱-۱: مقایسه ارزش تولید ناخالص ملی کشور در سال‌های ۱۳۵۶ و ۱۳۸۰ به قیمت‌های ثابت ..... ۴
- جدول ۲-۱: خدمات‌رسانی تسهیل به مشتری ..... ۱۰
- جدول ۲-۲: نمونه‌هایی از کاربرد مسائل مکان‌یابی و مسیریابی ..... ۱۲
- جدول ۲-۳: مروری بر مسأله *VRP* کلاسیک ..... ۲۷
- جدول ۲-۴: مروری بر مسأله *VRPTW* ..... ۴۰
- جدول ۲-۵: از جمله کارهایی که به طور مفصل مسأله *VRPTW* را مورد بررسی قرار داده‌اند ..... ۴۱
- جدول ۲-۶: خلاصه فعالیت‌های انجام شده در زمینه *VRPMPD* ..... ۴۶
- جدول ۲-۷: خلاصه فعالیت‌های انجام شده در زمینه *VRPSD* ..... ۴۶
- جدول ۲-۸: خلاصه فعالیت‌های انجام شده در زمینه *VRPB* ..... ۵۲
- جدول ۴-۱: کاربرد *ACO* در مسایل مختلف ..... ۸۱
- جدول ۴-۲: انواع الگوریتم *ACO* به ترتیب پیدایش ..... ۸۲
- جدول ۴-۳: نتایج محاسباتی (کامپیوتری) ۱۴ مسأله آزمایش شده برای *AS* ..... ۹۸
- جدول ۴-۴: نتایج به دست آمده و مقایسه با دیگر روش‌های فراابتکاری ..... ۹۹
- جدول ۵-۱: تنظیم‌های پارامتر برای الگوریتم‌های *ACO* فاقد جستجوی محلی ..... ۱۱۲
- جدول ۵-۲: تنظیم‌های پارامتر برای الگوریتم‌های *ACO* با جستجوی محلی ..... ۱۱۳
- جدول ۵-۳: تعریف مشتریان برای مسأله آزمون *FPI* ..... ۱۴۵
- جدول ۵-۴: تعریف وسایل نقلیه برای مسأله آزمون *FPI* ..... ۱۲۰
- جدول ۵-۵: فواصل بین شهرها بصورت خطی برای مسأله آزمون *FPI* ..... ۱۲۰
- جدول ۵-۶: مقایسه نتایج روش‌های *MSHP & MACO* ..... ۱۲۲
- جدول ۵-۷: خلاصه نتایج آزمون فرض ..... ۱۲۵

## فهرست نمودارها

نمودار ۱-۲. تقسیم‌بندی شماتیک مسائل کلاسیک <i>VRP</i> .....	۳۲
نمودار ۲-۲. تقسیم‌بندی مسأله <i>VRPPD</i> .....	۴۴
نمودار ۳-۲. تقسیم‌بندی شماتیک مسائل غیرکلاسیک <i>VRP</i> .....	۵۳
نمودار ۱-۵. فلوجارت الگوریتم پیشنهادی.....	۱۱۵
نمودار ۲-۵. مقایسه نتایج دو الگوریتم <i>MSHP &amp; MACO</i> .....	۱۲۳

## فهرست شکل‌ها

- شکل ۲-۱. سفرهای رفت و برگشتی بین مشتریان و تسهیلات..... ۹
- شکل ۲-۲. سفرهای گردشی بین مشتریان و تسهیلات..... ۹
- شکل ۲-۳. شبکه راه‌های موجود برای یک مثال *TSP*..... ۱۵
- شکل ۲-۴. مسیر بهینه برای یک مثال *TSP*..... ۱۵
- شکل ۲-۵. مسأله فروشنده دوره‌گرد چندگانه..... ۱۶
- شکل ۲-۶. نمایش شماتیک متغیرهای تصمیم‌گیری مسأله..... ۱۸
- شکل ۲-۷. طراحی مدارهای الکتریکی..... ۱۸
- شکل ۲-۸. جواب نهایی حل مسأله برای ۲۴۹۷۸ گره در کشور سوئد..... ۱۹
- شکل ۲-۹. مسیریابی گره‌ای..... ۲۰
- شکل ۲-۱۰. مسیریابی سویه‌ای..... ۲۰
- شکل ۲-۱۱. نمونه نتیجه حل یک مسأله *VRP*..... ۲۲
- شکل ۲-۱۲. مشکل هم‌بندی..... ۲۶
- شکل ۲-۱۳. مقایسه الگوریتم‌های حل *VRP* کلاسیک..... ۲۹
- شکل ۲-۱۴. مقایسه الگوریتم‌های حل فراابتکاری *VRP* کلاسیک..... ۲۹
- شکل ۲-۱۵. طبقه‌بندی کلاسیک مسائل مسیریابی وسیله نقلیه..... ۳۱
- شکل ۲-۱۶. بیان مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره زمانی..... ۳۵
- شکل ۲-۱۷. سرویس در حالت *TW* سخت..... ۳۶
- شکل ۲-۱۸. سطح رضایت مشتری در حالت *TW* سخت..... ۳۶
- شکل ۲-۱۹. سرویس‌دهی در حالت *TW* نرم..... ۳۷
- شکل ۲-۲۰. سطح رضایت مشتری در حالت *TW* نرم..... ۳۷
- شکل ۲-۲۱. تابع جریمه در حالت *TW* نرم..... ۳۸
- شکل ۲-۲۲. مقایسه الگوریتم‌های حل *VRPTW*..... ۴۱
- شکل ۲-۲۳. مقایسه الگوریتم‌های حل فراابتکاری *VRPTW*..... ۴۲
- شکل ۲-۲۴. مسأله مسیریابی وسیله نقلیه با دیدگاه دریافت و تحویل..... ۴۴
- شکل ۲-۲۵. مسأله مسیریابی دوره‌ای..... ۶۰
- شکل ۲-۲۶. مطالعات انجام شده در زمینه مسیریابی وسایل نقلیه..... ۶۲

شکل ۱-۴. نحوه پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر توسط مورچه‌ها..... ۷۹

شکل ۲-۴. تغییرات ۲ تایی..... ۹۱

فصل اول

کلیات تحقیق

بی‌تردید در دنیای امروز توجه به توسعه پایدار و بهره‌گیری کارا از منابع، از ضرورت‌ها و الزام‌های هر ساختاری است. با توجه به محدود بودن منابع و گسترش رو به رشد تقاضا در اغلب صنایع، باعث شده که بیشتر سازمان‌ها به دنبال کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری خود باشند و این دو را در سیاست‌های کلان خود جای داده و تصمیم‌های سازمان را مبتنی بر این دو مقوله اخذ کنند. اکثر سازمان‌ها بر این باور هستند که اگر چنین نگرشی نداشته باشند از چرخه رقابت در دنیای امروز خارج خواهند شد و برای آن‌ها هیچ جایگاهی وجود نخواهد داشت. بدیهی است که سازمان‌های بزرگ حمل‌ونقل نیز از این امر مستثنی نبوده و چنین سازمان‌هایی نیز باید در همین چارچوب عمل کنند. لازم به ذکر است که بخش حمل‌ونقل درصد قابل توجهی از تولید ناخالص ملی<sup>۱</sup> هر کشور را به خود اختصاص داده و در برخی کشورها این عدد در حدود ۱/۴ کل تولید ناخالص ملی است [۴۳].

از طرف دیگر به دلیل استفاده از سوخت فسیلی در سیستم‌های حمل‌ونقل و حساس بودن این منبع بحرانی، توجه به مباحث بهره‌وری و کاهش هزینه و کاهش مصرف از جایگاه خاصی برخوردار است. روش‌های متنوعی برای کاهش مصرف سوخت و کاهش هزینه در حمل‌ونقل وجود دارد که یکی از آن‌ها کاهش حجم سفر است. منظور از کاهش حجم سفر، بهینه نمودن حجم سفر است، به عبارت دیگر با حجم کمتری از مسافت می‌توان به اهداف قبلی دست یافت و یا با همان حجم قبلی سفر، به اهداف بیشتری رسید. بنابراین باید از ظرفیت‌های بلااستفاده به نحو مطلوب‌تری بهره‌برداری کرد، به گونه‌ای که مقدار سوخت مصرفی، استهلاک وسایل نقلیه و هزینه‌های نیروی انسانی افزایش نیابد یا رشد ناچیزی داشته باشد. ولی حجم و مقدار کالاهای جابه‌جا شده دارای رشد چشم‌گیری باشد.

## ۲- ضرورت و اهمیت برنامه‌ریزی حمل‌ونقل

حمل‌ونقل یکی از بخش‌های عمده و مهم اقتصاد هر کشوری به شمار می‌رود و یکی از مهم‌ترین بخش‌های تشکیل دهنده هزینه تمام‌شده محصول‌های نهایی است. اهمیت اقتصادی ناشی از این تأثیر، باعث شده است که شرکت‌ها و مجامع علمی و تحقیقاتی، شدیداً در استفاده از علوم مدیریتی و تحقیق در عملیات، در راستای بهبود بازدهی و کاهش هزینه‌های مرتبط، گام‌های بزرگی بردارند.

---

1- GNP: Gross National Product

توسعه روزافزون شهرنشینی، صنایع و به خصوص صنایع پشتیبانی، جابجایی انسان و کالا را به صورت مسأله‌ای درآورده است که پیچیدگی آن دائماً در حال افزایش است. رشد شهری باعث افزایش فزاینده تقاضا در صنعت حمل‌ونقل شده که به تبع آن شهرها و صنایع بزرگ را دست به گریبان مشکل‌های زیادی در زمینه‌های تراکم ترافیکی، آلودگی هوا، اتلاف وقت‌های طولانی در مسیر سفرهای روزانه افراد، افزایش مصرف سوخت و استهلاک وسایل نقلیه و غیره کرده است. برای حل مشکلات ترافیکی و مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از آن در شهرهای بزرگ، صنایع تولیدی و بخش خدمات نیاز به یک سیستم مجهز و کارآمد حمل‌ونقل دارد. در نتیجه، تقاضای رو به رشد برای راه‌حل‌هایی که اجرایی بوده و بتواند تمامی منافع پیش‌بینی شده از جمله صرفه‌جویی در هزینه‌ها را با در نظر گرفتن حداکثر سرویس و استفاده بهینه از سرمایه و تجهیزات حاصل نماید، وجود دارد. نظافت خیابان‌ها، حمل‌ونقل داخل سازمانی، مسیر حرکت اتوبوس‌ها، سرویس‌های مدارس، سیستم‌های توزیع و نگهداری پخش پول و سرویس‌های بانکی و جمع‌آوری ضایعات و غیره از جمله مسائلی است که می‌توان به آن اشاره کرد.

در دهه‌های اخیر نتایج سودمندی در پروژه‌های بهینه‌سازی، بر مبنای روش‌های تحقیق در عملیات و برنامه‌ریزی ریاضی در مدیریت مؤثر تدارک کالا و خدمت‌رسانی سیستم‌های توزیع دیده شده است. تعداد زیادی از کاربردهای واقعی این مسأله در آمریکای شمالی و اروپا نشان داده شده که استفاده از متدهای کامپیوتری برای برنامه‌ریزی فرآیند توزیع، صرفه‌جویی قابل توجهی را (معمولاً بین ۵٪ تا ۲۰٪) در هزینه‌های عمومی حمل‌ونقل موجب می‌شود. در واقع فرآیند حمل‌ونقل شامل همه مراحل سیستم‌های تولید و توزیع است. موفقیت بهره‌برداری از تکنیک‌های تحقیق در عملیات مدیون پیشرفت سیستم‌های کامپیوتری - هم از نظر سخت‌افزار و هم از نظر نرم‌افزار - و افزایش یکپارچگی سیستم‌های اطلاعاتی فرآیندهای تولیدی و تجاری است [۱۱۵].

### ۳- حمل‌ونقل در ایران

بخش حمل‌ونقل نیز به عنوان یکی از زیر بخش‌های مهم اقتصادی کشور که تولید آن در مقایسه با قیمت‌های ثابت دارای نرخ رشد بالاتری نسبت به نرخ رشد اقتصاد ملی بوده است، نیاز به توجه بیشتری در نظام مدیریتی کشور دارد. بررسی داده‌های آماری که حساب‌های ملی در دو مقطع زمانی ۱۳۵۶ و ۱۳۸۰ را به تصویر می‌کشد، نشان می‌دهد که در این دوره زمانی، سهم فعالیت‌های حمل‌ونقل از تولید ناخالص ملی افزایش یافته است. افزایش سهم نسبی بخش حمل‌ونقل، انبارداری و



ارتباطات از این عملکرد در سطح ملی، ۲/۸ درصد بوده است. جدول ۱-۱ مقایسه ارزش تولید ناخالص ملی کشور در سال‌های ۱۳۵۶ و ۱۳۸۰ را نشان می‌دهد [۱۰۲].

جدول ۱-۱: مقایسه ارزش تولید ناخالص ملی کشور در سال‌های ۱۳۵۶ و ۱۳۸۰ به قیمت‌های ثابت (میلیارد ریال)

درصد تغییرات	۱۳۸۰	۱۳۵۶	حمل‌ونقل، انبارداری و ارتباطات
۱۱۵/۴	۶۹۴۲/۷	۳۲۲۲/۵	

بدین ترتیب در روند تحولات اقتصادی، بخش حمل‌ونقل در سال‌های پس از انقلاب به خصوص حمل‌ونقل زمینی برجستگی بیشتری یافته و تکیه‌گاه اصلی جابجایی بار و مسافر بوده است. لذا با توجه به حجم بالای ارزش‌افزوده این بخش، اهمیت بیش از پیش بررسی و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل در ایران به منظور تقلیل بخشی از هزینه‌های مربوطه، احساس شده و برخورد علمی و منطقی با این مبحث مهم، امری ضروری است.

#### ۴- ضرورت تحقیق

یکی از جذابیت‌های مسأله حمل‌ونقل ارزش اقتصادی آن در توسعه کشور و یا اثربخشی مؤثر آن در سودآوری شرکت‌ها و سازمان‌ها است. چنانچه در گزارش انجمن ملی توزیع فیزیکی مدیریت<sup>۱</sup> آورده شده، هزینه‌های سالیانه توزیع در آمریکا در سال ۱۹۹۰ معادل ۴۰۰ میلیارد دلار و در سال ۱۹۹۶، ۶۵۰ میلیارد دلار (تقریباً ۲۱٪ تولید ناخالص ملی آن کشور) بوده است و چنانچه در همان گزارش ذکر گردیده این رقم تا ۲۰ درصد قابل کاهش است [۴۳]. با توجه به مطلب فوق به این نکته می‌توان دست یافت که اگر به مسأله توزیع، دقیق نگریسته شود و با بهره‌وری کامل، این عمل صورت گیرد، در حدود چند صد میلیارد دلار صرفه جویی برای آمریکا در پی خواهد داشت. لازم به ذکر است این آمار و ارقام در کشورهای دیگر نیز متناسب با تولید ناخالص ملی آن‌ها وجود دارد و با توجه به مفاهیم توسعه پایدار، بحران‌های انرژی و دیگر مباحث مرتبط، بهینه کردن مسائل حمل‌ونقل و توزیع به عنوان یک ضرورت جدی، توجه بیش از پیش محققین و متخصصین را می‌طلبد.

هیأت تجارت بین ایالتی<sup>۲</sup> تخمین زده است که اگر از ظرفیت بلااستفاده وسایل نقلیه هنگام بازگشت، بهره‌برداری مناسب صورت گیرد، سالانه ۴۲ میلیون گالن صرفه‌جویی سوخت به وجود

1- National Council of Physical Distribution Management

2- The Interstate commerce commission

می‌آید [۴۷]. در همین راستا دولت آمریکا محدودیت‌های مربوط به تجارت بین‌ایالتی را برداشت تا بتواند با استفاده از ظرفیت وسایل نقلیه هنگام بازگشت به سودآوری بیشتر دست یابد. با استفاده از این ایده یک شرکت آمریکایی واقع در میشیگان درآمد حاصل از حمل‌ونقل خود را از ۶۹,۷۰۰ دلار به ۲,۰۰۰,۰۰۰ دلار افزایش داد [۴۷].

علی‌رغم سودآوری و اهمیت موضوع، تحقیقات اندکی در این زمینه صورت گرفته است و موضوعات و مسائل بسیار زیادی در این زمینه مطرح می‌باشد که به آن پرداخته نشده است. همان‌طور که از ادبیات موضوع بر می‌آید این مسأله از مسائل روز بوده و در حال حاضر تحقیقات زیادی در این زمینه صورت می‌گیرد که این موضوع بر جذابیت مسأله می‌افزاید. در چنین شرایطی مسأله‌ی ارسال سفارش‌ها برای مشتری‌های در کوتاه‌ترین زمان و با کم‌ترین هزینه از چالش‌های اساسی شرکت‌های توزیع‌کننده‌ی قطعات یدکی محسوب شده و در این راستا برنامه‌ریزی سیستم توزیع سفارش‌ها برای یافتن بهترین مسیرها با توجه به ساختار مسأله‌ی تعریف شده و تخصیص مناسب‌ترین وسیله حمل‌ونقل به محموله‌های آماده برای ارسال، با توجه به هزینه‌های بسیار زیاد حمل و نقل از اهمیت زیادی برخوردار است.

با توجه به ویژگی‌های عمده مسأله مخصوصاً در زمینه‌ی کاربردهای فراوان آن، از جمله صرفه‌جویی حاصل از بکارگیری آن و در نتیجه بهبود وضعیت و همچنین تأثیرگذاری در بخش‌هایی از اقتصاد کشور، موقعیت انتخاب این مسأله را به عنوان موضوع پایان‌نامه محقق، فراهم آورده است.

## ۵- تعریف مسأله

برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، امروزه یکی از فیلدهای اساسی و مطرح در شاخه‌های مختلف علوم همانند تحقیق در عملیات، مهندسی صنایع و مهندسی عمران است. هدف عمده این رشته کمینه‌سازی هزینه حمل‌ونقل کالا و مواد بین دو سطح تولیدکننده و مصرف‌کننده است، بطوری که تقاضای هر مصرف‌کننده بایستی توسط تولیدکنندگان ارضاء گردد. در این حالت با توجه به نوع مسأله مورد بررسی، عواملی مانند طول مسیر، کیفیت مسیر از لحاظ ساختاری و محیطی، ترافیک مسیر، ظرفیت وسایل نقلیه، تقاضای مشتری‌های و غیره مدنظر قرار می‌گیرند. اولین مسأله کلاسیک در این زمینه مسأله فروشنده دوره‌گرد است که در آن یک فروشنده یا توزیع‌کننده باید به چند شهر مراجعه نموده و به آن‌ها خدمتی ارائه کند. در ادامه مسأله مسیریابی وسایل نقلیه که در قلب مدیریت توزیع واقع شده است و به عنوان مسأله‌ای که روزانه هزاران سازمان و کمپانی جهت تحویل و جمع‌آوری کالا یا

افراد با آن مواجه هستند مطرح شد [۱۳]. به عنوان نمونه مسیریابی اتوبوس‌های داخل شهری، جمع‌آوری ضایعات، مسیریابی فروشندگان دوره‌گرد و واحدهای تعمیر و نگهداری حالات خاصی از شبکه حمل‌ونقل است که از آن به عنوان مسأله مسیریابی وسایل نقلیه<sup>۱</sup> (VRP) یاد می‌شود. مسأله VRP تعمیم یافته مسأله فروشندگان دوره‌گرد<sup>۲</sup> (TSP) است که در آن تنها یک وسیله نقلیه مدنظر می‌باشد. هدف از مسأله VRP تعیین مسیر حرکت خودروها به گونه‌ای است که هر مسیر شامل یک وسیله نقلیه است - که از انبار مربوطه مسیر را شروع و در همان جا به اتمام می‌رساند- بطوریکه نیاز همه مشتری‌های مسیر تأمین شود، همه محدودیت‌های عملیاتی ارضا شود و هزینه حمل‌ونقل عمومی حداقل شود [۱۱۵]. در حالت کلاسیک، نقطه شروع و پایان مسیر کلیه خودروها یک انبار<sup>۳</sup> یا مرکز توزیع<sup>۴</sup> است.

از آنجا که اساس انجام این پایان‌نامه مبتنی بر اطلاعات دنیای واقعی یک شرکت توزیع کننده قطعات یدکی است، سعی شده تا محدودیت‌هایی را که در عمل امکان وقوع آن‌ها وجود داشته و تأثیر زیادی بر شرایط مسأله دارد، مد نظر قرار گیرد.

این پایان‌نامه بر پایه پاسخ‌گویی به سؤالات زیر انجام شده است:

- ۱- کدام سفارش (تقاضاها) و توسط چه وسیله نقلیه‌ای باید باهم سرویس‌دهی شوند؟
- ۲- مسیری که سفارش‌ها باید در آن حمل شود، کدام است؟ (تعیین بهترین مسیر)
- ۳- اولویت سرویس‌دهی به مشتری‌های موجود در یک مسیر به چه صورت است؟
- ۴- آیا امکان استفاده از همه وسایل نقلیه برای تمام مشتری‌ها وجود دارد؟
- ۵- در صورتی تقاضای یک مشتری بیش از ظرفیت بزرگ‌ترین وسیله نقلیه در دسترس برای آن مشتری باشد، چه باید کرد؟

## ۶- اهداف تحقیق

در این پایان‌نامه تلاش بر این است تا با توجه به محدودیت‌های عملیاتی مسأله را تعریف نموده و به اهداف زیر دست یابیم:

۱- کاهش انواع هزینه‌ها:

✓ هزینه‌های مربوط به استفاده از ناوگان حمل‌ونقل؛

---

1 - Vehicle Routing Problem  
 2 - Traveling Salesman Problem  
 3 - Depot  
 4 - Distribution Center

✓ هزینه‌های مربوط به مسیریابی؛

۲- حداقل نمودن مسیر حمل و نقل.

۳- پیش‌بینی تعداد وسیله حمل و نقل مورد نیاز بر ارسال سفارش‌ها به منظور کاهش هزینه.

## ۷- فرض‌های تحقیق

✓ اطلاعات مربوط به شبکه توزیع از جمله مسیرهای اصلی، تعداد و محل مشتری‌ها مشخص است.

✓ اطلاعات مربوط به ناوگان حمل و نقل شامل نوع و تعداد وسایل نقلیه، در دسترس است.

✓ تقاضای مشتری‌ها شامل میزان کالایی که باید دریافت کنند یا تحویل دهند، مشخص است.

## ۸- بهره‌برداران از نتیجه پایان‌نامه

در حالت کلی برای:

✓ شرکت‌های توزیع‌کننده کالا؛ ( برای مثال شرکت ایساکو)

✓ و شرکت‌های تولیدکننده ( با تولید انبوه) که وظیفه ارسال کالا به مشتری‌های بر عهده خود شرکت است.

ساختار این پایان‌نامه بدین صورت است که پس آشنایی با کلیات طرح که در فصل اول بدان اشاره شد، در فصل دوم به بررسی و مطالعه ادبیات موضوع مسأله مسیریابی وسایل نقلیه پرداخته شده است و در فصل سوم با توجه به شرایط حاکم در دنیای واقعی، مطالعه موردی و مطالعه ادبیات مسأله مسیریابی وسایل نقلیه، مسأله اصلی این پایان‌نامه که یک مسأله جدیدی ( به لحاظ ساختار ترکیبی آن و از جهت در نظر گرفتن توأمان محدودیت‌های عملیاتی که در دنیای واقعی امکان برخورد بیشتر با آن‌ها وجود دارد) تعریف می‌شود. در فصل چهارم روش حل مورد نظر برای حل مسأله معرفی می‌شود و در فصل پنجم چارچوب الگوریتم پیشنهادی جهت حل مسأله و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آن تشریح شده است.