

۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده‌ی مهندسی نقشه‌برداری (ژئودزی و ژئوماتیک)

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران - نقشه‌برداری

گرایش سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)

ارزیابی کارایی الگوریتم زنبور عسل در حل مسئله‌ی

مسیریابی وسایل نقلیه

اساتید راهنما:

دکتر محمد سعدی مسگری

دکتر علی منصوریان

نگارش:

امین سیف

شهریور ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## تقدیم

تقدیم به خانواده عزیزم


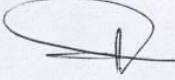


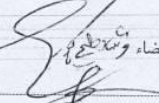
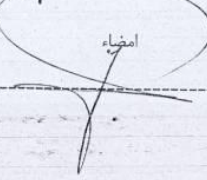
به پاس ایثار و از خودگذشتگی مثال زردنی و حافظه سرشارشان،

به پاس گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگار، بهترین پشتیبان است،

به پاس قلب های بزرگشان که فریادس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دینشان که هرگز فروکش نمی کند.

بسمه تعالی

شماره: تاریخ:	تأییدیه هیأت داوران	 تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
<p>هیأت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان :</p>		
<p>"ارزیابی کارآیی الگوریتم زنبور عسل در حل مسله مسیریابی وسایل نقلیه" توسط آقای امین سیف صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته گرایش سیستم اطلاعات مکانی در تاریخ ۹۲/۶/۳۰ مورد تأیید قرار می دهند.</p>		
 امضاء	جناب آقای دکتر محمدسعیدی مسگری	۱- استناد راهنمای اول
 امضاء	جناب آقای دکتر علی منصوریان	۲- استناد راهنمای دوم
امضاء	-	۳- استناد مشاور
 امضاء	جناب آقای دکتر عباس علیمحمدی	۴- ممتحن داخلی
 امضاء	جناب آقای دکتر فرشاد حکیم پور	۵- ممتحن خارجی
 امضاء	جناب آقای دکتر محمد کریمی	۶- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده



تاسیس ۱۴۰۷  
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی


### اظہارنامہ دانشجو

شماره:  
تاریخ:

اینجانب **اسم سعید** دانشجوی کارشناسی ارشد رشته **نقشه برداری** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان

**ارزیابی کارایی سیستم ژئورسول در محل مستعد سیرابی**

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای / سرکار خانم **دکتر محمد سعیدی مسگری**، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارجوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:   
تاریخ:

## حق چاپ، تکثیر و مالکیت نتایج

۱. حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه و استفاده از نتایج آن متعلق به نویسنده می‌باشد. هر گونه کپی‌برداری از کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده مجاز می‌باشد.
۲. کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به نویسنده و دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی نویسنده و دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نمی‌باشد.
۳. استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در این پایان‌نامه بدون ذکر مرجع و موافقت نویسنده مجاز نمی‌باشد.

## تشکر و قدردانی

ستایش مخصوص خداوندی است که پروردگار جهانیان است. اکنون که این تحقیق به انجام رسیده وظیفه‌ی خود می‌دانم که از همه‌ی کسانی که در انجام آن، حقیر را یاری نمودند، تشکر نمایم. پیش از همه، خاضعانه‌ترین سپاس و قدردانی را خدمت پدر بزرگوار و مادر مهربان و برادر باوفایم تقدیم می‌دارم که در همه‌ی مراحل زندگی با ایثار و محبت بی‌پایانشان باوجود مشکلات بی‌شمار، راه را برای پیشرفت و سربلندی بنده هموار نموده‌اند. از درگاه پروردگار بزرگ، سلامت و طول عمر، بهروزی و کامروایی را برای ایشان مسئلت دارم و امیدوارم تا پایان عمر قدردان زحماتشان در کلام و عمل باشم.

بدین‌وسیله مراتب سپاس خود را به اساتید محترم راهنما، جناب آقای دکتر محمدسعدی مسگری و جناب آقای دکتر منصوریان، ابراز می‌دارم و برای این دو عزیز، موفقیت و طول عمر با عزت آرزو می‌نمایم.

از دوست گران‌قدم، جناب آقای دکتر رضا آقایی به خاطر کمک‌های بی‌دریغشان در برنامه‌نویسی این پژوهش و لطف بی‌دریغشان به این‌جانب، کمال تشکر و قدردانی را دارم. امیدوارم در تمام مراحل زندگی در سایه‌ی عنایت حضرت حق، همچون امروز، موفق و مایه‌ی سرافرازی و افتخار باشند.

از دوست عزیزم، آقای مهندس محمدحسین عسگری بسیار سپاسگزارم که با در اختیار قرار دادن تجربیات ارزنده‌شان، بنده را در انجام این تحقیق یاری رساندند و از هیچ لطفی به بنده کوتاهی ننمودند.

از دوستان گرامی، آقای مهندس کاوه نصری و خانم مهندس سمیه نصری و سرور ساسانی به خاطر فراهم نمودن شرایط مناسب برای انجام و ارائه این پایان‌نامه بسیار سپاسگزارم. مراتب قدردانی بنده تقدیم به خانم مهندس مزده مینائی برای همکاری صمیمانه‌شان در انجام این پژوهش. ان‌شاءالله در پناه خداوند متعال به بالاترین موفقیت‌ها نائل شوند.

از دوستان محترم آقای دکتر مطیعان و آقایان مهندس عباس حاتمی، حسین برخورداری، علی رحیمی، امیر هادئی، هادی اسماعیل‌پور، سجاد حبیب‌پور، مرتضی قربان‌نیا که به هر طریقی بنده را در انجام این تحقیق یاری رساندند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم و بهترین‌ها را برایشان آرزو مندم.

## چکیده

مسئله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه، به تمام مسائلی اطلاق می‌شود که در آن‌ها مجموعه‌ای از مسیرها برای ناوگانی از وسایل نقلیه مستقر در یک یا چند قرارگاه تعیین شده است که باید با عبور از آن‌ها به تعدادی مشتری خدمت رسانی کنند. در این مسئله، یافتن کوتاه‌ترین مسیر می‌تواند نقش مهمی در کاهش زمان و هزینه‌ها و همچنین بهبود خدمت‌رسانی داشته باشد. در تحقیق حاضر مسئله‌ای با ساختاری منطبق بر مسئله‌ی مسیریابی طراحی شده است که در آن شرکت توزیعی وظیفه‌ی توزیع کالاهای تولید شده توسط واحدهای کارخانه‌ای خاص را در بین تعدادی فروشگاه به عهده دارد. در این پایان‌نامه، برای حل مسئله‌ی مسیریابی از الگوریتم‌های فرا ابتکاری زنبور عسل معمولی و پیشرفته استفاده شده است که بر اساس دو فرایند جستجوی اتفاقی فضای جواب و همچنین جستجوی بهبود در همسایگی جواب‌های تولید شده عمل می‌کنند. الگوریتم زنبور معمولی در فرایند جستجوی همسایگی یک جواب، از انتخاب حریصانه استفاده می‌کند که باعث محدود شدن تعداد جواب‌های بالقوه می‌گردد. برای حل این مشکل، الگوریتم زنبور پیشرفته پیشنهاد شده است که به جواب‌هایی که نسبت به همسایگی‌شان بدتر هستند نیز امکان جستجو در مراحل بعد را می‌دهند. اصلی‌ترین هدف این پژوهش، یافتن ترتیبی برای خدمت‌رسانی به همه‌ی نقاط است طوری که محدودیت‌های موجود در مسئله مورد توجه قرار بگیرند. هدف دیگر مقایسه و ارزیابی کارایی دو الگوریتم مورد استفاده، در حل مسئله‌ی طراحی شده است. همچنین میزان تأثیر خوشه‌بندی نقاط دریافت‌کننده‌ی کالا بر مقدار مطلوبیت تابع هدف بررسی شده است. پس از طراحی و پیاده‌سازی الگوریتم‌ها، مقدار تابع هدف برای الگوریتم‌های معمولی و پیشرفته به دست آمده که بهبود ۲٪ی جواب‌های حاصل از الگوریتم زنبور پیشرفته را نسبت به معمولی نشان می‌دهد. همچنین استفاده از خوشه‌بندی موجب بهبود مقدار تابع هدف به میزان ۱۴٪ شده است. از میان دو الگوریتم زنبور معمولی و پیشرفته، می‌توان حالت پیشرفته این الگوریتم را به عنوان الگوریتم برتر در حل مسئله مسیریابی، معرفی نمود. همچنین خوشه‌بندی نقاط دریافت‌کننده‌ی خدمت در بالا بردن مقدار تابع هدف تأثیر بسزایی دارد.

**کلید واژه:** مسئله مسیریابی وسایل نقلیه، حمل در بازگشت (VRPB)، فرا ابتکاری، الگوریتم

زنبور، بهینه‌یابی، شبکه



## فهرست مطالب

### عنوان

### صفحه

فهرست جداول .....	د
فهرست اشکال .....	ه
فهرست اختصارات .....	ز
<b>فصل ۱ مقدمه.....</b>	<b>۱</b>
۱-۱- پیشگفتار .....	۲
۱-۲- ضرورت و انگیزه‌های تحقیق .....	۴
۱-۳- اهداف تحقیق .....	۵
۱-۴- سؤالات تحقیق .....	۶
۱-۵- روش تحقیق .....	۷
۱-۶- ساختار پایان نامه .....	۹
<b>فصل ۲ مسئله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه و روش‌های آن.....</b>	<b>۱۱</b>
۱-۲- طبقه‌بندی مسائل مسیریابی وسایل نقلیه .....	۱۲
۱-۱-۲- مسئله‌ی مسیریابی کلاسیک.....	۱۲
۱-۲-۲- مسئله‌ی مسیریابی ظرفیت دار.....	۱۴
۱-۲-۳- مسئله‌ی مسیریابی با محدودیت فاصله.....	۱۶
۱-۲-۴- مسئله‌ی مسیریابی با بار برگشتی.....	۱۷
۱-۲-۵- مسئله‌ی مسیریابی با برداشت و تحویل.....	۱۸
۱-۲-۶- مسئله‌ی مسیریابی با پنجره زمانی.....	۱۹
۲-۲- پیشینه تحقیق .....	۲۰
۳-۲- اجزای یک مسئله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه.....	۲۳
۳-۲-۱- تورها (مسیرها).....	۲۴
۳-۲-۲- شبکه‌ی راه‌ها.....	۲۴
۳-۲-۳- مشتری‌ها.....	۲۵
۳-۲-۴- ناوگان وسایل نقلیه.....	۲۶
۳-۲-۵- قرارگاه‌ها(انبارها).....	۲۶
۳-۲-۶- رانندگان.....	۲۷
۳-۲-۷- قیود عملکرد.....	۲۷

۲۷	اهداف بهینه‌سازی.....	۸-۳-۲
۲۸	کاربردهای مسیریابی وسایل نقلیه .....	۴-۲
۲۹	قالب‌بندی ریاضی برخی از انواع مسئله‌ی مسیریابی .....	۵-۲
۲۹	مسئله‌ی مسیریابی کلاسیک.....	۱-۵-۲
۳۰	مسئله‌ی مسیریابی ظرفیت دار.....	۲-۵-۲
۳۲	مسئله‌ی مسیریابی با بازه‌های زمانی.....	۳-۵-۲
۳۴	مسئله‌ی مسیریابی با برداشت و تحویل.....	۴-۵-۲
۳۵	روش‌های حل مسئله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه.....	۶-۲
۳۵	الگوریتم‌های دقیق.....	۱-۶-۲
۳۶	الگوریتم‌های ابتکاری.....	۲-۶-۲
۵۷	الگوریتم‌های فرا ابتکاری.....	۳-۶-۲
<b>۵۸</b>	<b>فصل ۳ الگوریتم زنبورعسل.....</b>	
۵۹	مقدمه.....	۱-۳
۵۹	معرفی کلونی طبیعی زنبورها.....	۲-۳
۶۰	انواع الگوریتم‌های زنبور.....	۳-۳
۶۰	جفت‌گیری زنبورعسل.....	۱-۳-۳
۶۵	گرده‌افشانی زنبورها.....	۲-۳-۳
۷۳	الگوریتم جستجوی غذا.....	۳-۳-۳
۸۵	الگوریتم جستجوی غذای پیشرفته.....	۴-۳-۳
<b>۸۹</b>	<b>فصل ۴ طراحی و پیاده‌سازی.....</b>	
۹۰	مقدمه.....	۱-۴
۹۰	ساختار مسئله.....	۲-۴
۹۲	داده‌های مورد نیاز و منطقه‌ی مورد مطالعه.....	۳-۴
	طراحی الگوریتم زنبورعسل مصنوعی در حالت پایه و پیشرفته برای مسئله‌ی مسیریابی	۴-۴
۹۴	وسایل نقلیه.....	
۹۴	تابع هدف و هزینه.....	۱-۴-۴
۹۵	تعریف جواب اولیه.....	۲-۴-۴
۹۷	جمعیت اولیه.....	۳-۴-۴
۹۷	روش تعریف همسایگی.....	۴-۴-۴

۱۰۲	..... پارامتر حد. ۵-۴-۴
۱۰۳	..... شرایط توقف. ۶-۴-۴
۱۰۵	..... خوشه‌بندی نقاط. ۷-۴-۴
۱۰۶	..... تکرارپذیری. ۸-۴-۴
۱۰۸	..... نتایج پیاده‌سازی الگوریتم‌ها. ۵-۴
۱۰۸	..... تنظیم پارامترها. ۱-۵-۴
۱۱۵	..... پیاده‌سازی انواع مختلف همسایگی. ۲-۵-۴
۱۱۶	..... مقایسه‌ی دو الگوریتم زنبورعسل مصنوعی در حالت پایه و پیشرفته. ۳-۵-۴
۱۱۷	..... بررسی تأثیر خوشه‌بندی نقاط. ۴-۵-۴
۱۲۱	..... بهترین جواب ارائه شده در اجرای برنامه. ۵-۵-۴
۱۲۴	..... <b>فصل ۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادات.</b>
۱۲۵	..... ۱-۵ نتیجه‌گیری
۱۲۸	..... ۲-۵ کاستی‌ها و دشواری‌های تحقیق
۱۲۸	..... ۳-۵ نوآوری‌های پژوهش
۱۲۹	..... ۴-۵ پیشنهادات کارهای آینده
۱۳۳	..... <b>فهرست مراجع.</b>
۱۳۷	..... <b>فصل ۶ واژه نامه فارسی به انگلیسی.</b>
۱۴۰	..... <b>فصل ۷ واژه نامه انگلیسی به فارسی.</b>

## فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: مقایسه صرفه‌جویی سری و موازی	۳۹
جدول ۲-۲: مقایسه الگوریتم‌های صرفه‌جویی و تناظر یک به یک	۴۲
جدول ۳-۲: مقایسه الگوریتم واردکردن سری و مول-جامسون	۴۶
جدول ۴-۲: مقایسه ۴ الگوریتم دسته‌بندی	۵۱
جدول ۵-۲: مقایسه‌ی بین پیمایش، ۱-petal و ۲-petal	۵۳
جدول ۶-۲: مقایسه روش‌های بهبود در الگوریتم صرفه‌جویی	۵۶
جدول ۱-۴: نتایج آزمایش تنظیم جمعیت اولیه برای الگوریتم زنبور معمولی	۱۰۹
جدول ۲-۴: نتایج آزمایش تنظیم جمعیت اولیه برای الگوریتم زنبور پیشرفته	۱۱۰
جدول ۳-۴: تغییرات تابع هدف نسبت به مقدار پارامتر حد برای الگوریتم زنبور معمولی	۱۱۲
جدول ۴-۴: تغییرات تابع هدف نسبت به حد برای الگوریتم زنبور پیشرفته	۱۱۳
جدول ۵-۴: مقایسه مقادیر تابع هزینه در روش‌های مختلف همسایگی	۱۱۵
جدول ۶-۴: مقایسه الگوریتم‌های زنبور عسل معمولی و پیشرفته	۱۱۶
جدول ۷-۴: نتایج مقایسه EABC و ABC و EABC خوشه‌بندی شده	۱۲۰
جدول ۸-۴: مشخصات بهترین راه حل‌های ارائه شده	۱۲۲
جدول ۹-۴: ترتیب نقاط در راه حل با خوشه‌بندی (۵۳ نقطه)	۱۲۲
جدول ۱۰-۴: ترتیب نقاط در راه حل بدون خوشه‌بندی (۶۱ نقطه)	۱۲۳

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۸	شکل ۱-۱: مراحل روش تحقیق .....
۱۳	شکل ۱-۲: مسئله مسیریابی کلاسیک .....
۲۰	شکل ۲-۲: مسئله مسیریابی با پنجره زمانی .....
۶۵	شکل ۱-۳: مراحل جفت‌گیری زنبورعسل .....
۷۲	شکل ۲-۳: مراحل الگوریتم گرده‌افشانی .....
۷۴	شکل ۳-۳: رقص زنبورعسل (۱) .....
۷۵	شکل ۴-۳: رقص زنبور (۲) .....
۷۶	شکل ۵-۳: نحوه رفتار زنبورهای طبیعی .....
۸۳	شکل ۶-۳: ایجاد جمعیت اولیه به صورت رندوم .....
۸۴	شکل ۷-۳: انتخاب بهترین‌ها و تعیین محدوده‌هایی برای جستجوی محلی .....
۸۴	شکل ۸-۳: اختصاص زنبورهای تماشاچی برای جستجوی محلی .....
۸۵	شکل ۹-۳: انتخاب بهترین‌ها از هر محل .....
۸۵	شکل ۱۰-۳: اختصاص زنبورهای باقیمانده به جستجوی رندوم در منطقه .....
۹۳	شکل ۱-۴: داده‌ها و منطقه مورد مطالعه .....
۹۳	شکل ۲-۴: پراکندگی نقاط در شبکه .....
۹۶	شکل ۳-۴: نمونه‌ای از یک جواب اولیه .....
۹۶	شکل ۴-۴: نمایش جواب اولیه .....
۹۹	شکل ۵-۴: یک جواب اولیه قبل از اعمال همسایگی - جابجایی تصادفی .....
۹۹	شکل ۶-۴: یک جواب اولیه بعد از اعمال همسایگی به کمک جابجایی تصادفی .....
۱۰۱	شکل ۷-۴: یک جواب اولیه قبل از اعمال همسایگی - جابجایی بزرگ‌ترین طول .....
۱۰۱	شکل ۸-۴: یک جواب اولیه بعد از اعمال همسایگی به کمک جابجایی بزرگ‌ترین طول .....
۱۰۶	شکل ۹-۴: مقایسه تورها در حالت‌های خوشه بندی و عدم استفاده از آن .....
۱۰۰-۴	شکل ۱۰-۴: نمودارهای تغییرات تابع هزینه و زمان نسبت به مقدار پارامتر جمعیت اولیه برای الگوریتم زنبور معمولی .....
۱۱۰	شکل ۱۱-۴: نمودارهای تغییرات تابع هزینه و زمان نسبت به مقدار پارامتر جمعیت اولیه برای الگوریتم زنبور پیشرفته .....

- شکل ۴-۱۲: نمودار تغییرات تابع هدف نسبت به مقدار پارامتر حد برای الگوریتم زنبور معمولی  
۱۱۳.....
- شکل ۴-۱۳: نمودار تغییرات تابع هدف نسبت به حد برای الگوریتم زنبور پیشرفته.....  
۱۱۴.....
- شکل ۴-۱۴: مقایسه نحوه همگرایی در الگوریتم های زنبور عسل معمولی و پیشرفته.....  
۱۱۷.....
- شکل ۴-۱۵: مقایسه نقاط شبکه در حالت های معمولی و خوشه بندی شده.....  
۱۱۸.....
- شکل ۴-۱۶: مسیریابی و فاصله هر نقطه از مرکز هندسی.....  
۱۱۹.....
- شکل ۴-۱۷: مقایسه همگرایی EABC و ABC و EABC خوشه بندی شده.....  
۱۲۰.....

## فهرست اختصارات

---

مخفف	معادل انگلیسی
<b>ABC</b>	<b>Artificial Bee Colony</b>
<b>CVRP</b>	<b>Capacitated VRP</b>
<b>EABC</b>	<b>Enhanced Artificial Bee Colony</b>
<b>FPAB</b>	<b>Flower pollination by Artificial Bees</b>
<b>MBO</b>	<b>Mating Bees optimization</b>
<b>NP_Hard</b>	<b>Non-deterministic Polynomial-time hard</b>
<b>PSO</b>	<b>Particle Swarm Optimization</b>
<b>TSP</b>	<b>Traveling Salesman Problem</b>
<b>VRP</b>	<b>Vehicle Routing Problem</b>
<b>VRPB</b>	<b>Vehicle Routing Problem with Backhauls</b>
<b>VRPPD</b>	<b>VRP with Pick up and Delivery</b>
<b>VRPTW</b>	<b>Vehicle Routing Problem with Time Windo</b>

---

## فصل اول

### مقدمه



## ۱-۱- پیش‌گفتار

بی‌تردید در دنیای امروز توجه به توسعه‌ی پایدار و بهره‌گیری کارا از منابع، از ضروریات و الزامات هر ساختاری است. محدود بودن منابع و گسترش رو به رشد تقاضا در اغلب صنایع، باعث گردیده که بیشتر سازمان‌ها به دنبال کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری باشند و این دو را در سیاست‌های کلان خود جای داده و تقسیمات سازمانی را مبتنی بر این دو مقوله اخذ نمایند. اکثر سازمان‌ها بر این باورند که اگر چنین اعتقاد و نگرشی نداشته باشند؛ از چرخه‌ی رقابت در دنیای امروز خارج خواهند شد و برای آنها هیچ جایگاهی وجود نخواهد داشت.

لازم به ذکر است که بخش حمل‌ونقل درصد قابل توجهی از تولید ناخالص ملی هر کشور را به خود اختصاص داده و در برخی کشورها این عدد در حدود کل تولید ناخالص ملی است. از طرف دیگر به دلیل استفاده از سوخت فسیلی در سیستم‌های حمل‌ونقل و حساس بودن این منابع بحرانی، توجه به مباحث بهره‌وری و کاهش هزینه و مصرف از جایگاه خاصی برخوردار است.

روش‌های متنوعی برای کاهش مصرف سوخت و کاهش هزینه در حمل‌ونقل وجود دارد که یکی از این‌ها 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.

طبق آمارهای ذکر شده در گزارش‌های راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران فقط ۴۵٪ از ظرفیت واگن‌های باری مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. به عبارت دیگر در ۵۵٪ از اوقات واگن‌های باری بدون بار در حال حرکت هستند (دفتر آمار و فناوری اطلاعات راه‌آهن، ۱۳۸۵). این آمارها در جاده‌ها به نقل از وزیر وقت راه و ترابری در سال ۱۳۸۵ در حدود ۳۰٪ بوده است. یعنی ۷۰٪ از ناوگان باری جاده‌ها که در حال تردد می‌باشند خالی از بار هستند (معاونت برنامه‌ریزی دفتر فناوری اطلاعات، ۱۳۸۹).

طبیعی است که از این ظرفیت بلا استفاده می‌توان به نحو مطلوب‌تری بهره‌برداری نمود. 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 جابجا شده دارای رشد چشم‌گیری باشد. یکی از جذابیت‌های مسئله‌ی حمل‌ونقل، ارزش اقتصادی آن در توسعه و یا اثربخشی مؤثر آن در سودآوری شرکت‌ها و سازمان‌هاست. به طوریکه در گزارش شورای ملی مدیریت توزیع فیزیکی آورده شده است؛ هزینه‌های توزیع در آمریکا در سال ۱۹۸۰، معادل ۴۰۰ میلیارد دلار و در سال ۱۹۸۳، ۶۵۰ میلیارد دلار و تقریباً ۲۱٪ درآمد خالص ملی آن کشور بوده است و چنانچه در همان گزارش ذکر شده است این رقم تا ۱۷٪ قابل کاهش است (prevention, 2013).

با توجه به مطلب فوق به این نکته می‌توان دست‌یافت که اگر به مسئله‌ی توزیع، دقیق نگریسته شود و با بهره‌وری کامل این عمل صورت گیرد، در حدود چند صد میلیارد دلار صرفه‌جویی برای آمریکا در پی خواهد داشت. لازم به ذکر است این آمار و ارقام در کشورهای دیگر نیز متناسب با درآمد خالص ملی آنها وجود دارد و با توجه به مفاهیم توسعه‌ی پایدار، بحران‌های انرژی و دیگر مباحث مرتبط با بهینه کردن مسائل حمل‌ونقل و توزیع، به عنوان یک ضرورت جدی توجه بیش‌ازپیش محققین و متخصصین را می‌طلبد. بدیهی است که سازمان‌های بزرگ حمل‌ونقل نیز از این امر مستثنا نبوده و باید در چنین چارچوبی عمل نمایند. حجم بالای نقل و انتقالات سرعت بالای دریافت تقاضا از سوی مشتریان، مسیریابی‌های متنوع و مسائلی از این دست، اهمیت سیستم‌های حمل‌ونقل را برای ما آشکار می‌سازد. برای تسهیل هرچه بیشتر در حل این موانع مدل‌ها و مسائل فراوانی با روش‌های حل گوناگون فراهم شده است.

کاربردهای بسیار زیاد مبحث حمل‌ونقل و تعدد و تنوع آن‌ها یکی دیگر از جذابیت‌های مربوط به بحث توزیع و یا حمل‌ونقل می‌باشد. حمل در بازگشت نیز که یک موضوع فرعی مبحث حمل‌ونقل است نیز از کاربرد فراوانی برخوردار است.

علیرغم سودآوری و اهمیت موضوع، تحقیقات اندکی در این زمینه صورت گرفته است و موضوعات و مسائل بسیار زیادی در این زمینه قابل طرح است که به آنها پرداخته نشده است.

همان‌طور که از ادبیات موضوع برمی‌آید این مسئله از مسائل روز بوده و در حال حاضر تحقیقات در این زمینه صورت می‌گیرد که این موضوع بر جذابیت مسئله می‌افزاید.

مسئله‌ی مسیریابی نقلیه<sup>۱</sup> از مسائل مهم در حمل‌ونقل بوده و می‌تواند تأثیر بسیاری در کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل داشته باشد. در این راستا استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری دارای نقش شایانی در عرصه‌ی به‌کارگیری از این مسئله به عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی مسیرها و وسایل حمل‌ونقل می‌باشد.

ویژگی‌های عمده مسئله به خصوص کاربردهای فراوان آن، صرفه‌جویی اقتصادی حاصل از به‌کارگیری آن و در نتیجه، بهبود وضعیت و تأثیرگذاری در بخش‌هایی از اقتصاد کشور و همچنین علاقه محقق به این موضوع، موجب انتخاب آن به عنوان موضوع تحقیق شده است.

## ۱-۲- ضرورت و انگیزه‌های تحقیق

مسائل بهینه‌سازی حمل‌ونقل از دیرباز مورد توجه کارشناسان و متولیان حمل‌ونقل در سراسر دنیا بوده است. با توجه به بحران سوخت و انرژی در دنیای امروز اهمیت این موضوع صدچندان می‌شود. به عبارت دیگر سعی بر این است تا با کم‌ترین مصرف انرژی اهداف بیشتری در زمینه‌ی حمل‌ونقل تحقق یابد.

از دیدگاه دیگر می‌توان مسائل بهینه‌سازی حمل‌ونقل - که مسئله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه از شاخه‌های آن می‌باشد - را با بحث ترافیک مرتبط دانست. چنانچه بتوان سامانه‌ی حمل‌ونقل عمومی و تجاری را چنان هدفمند کرد که با تردد وسایل نقلیه‌ی کمتر نیازهای حمل‌ونقل برآورد شود؛ از ازدحام بیش‌ازحد و در نتیجه ایجاد گره‌های ترافیکی تا حدی کاسته می‌شود.

برای روشن تر شدن موضوع کافی است به ارقام هزینه‌های حمل‌ونقل در ایران اشاره‌ای کوتاه داشته باشیم. طبق آمار منتشره از سازمان بهینه‌سازی سوخت تنها در سال ۱۳۹۰ مبلغی برابر با

---

<sup>1</sup> Vehicle Routing Problem

۱۰ هزار میلیارد تومان برای خرید بنزین پرداخته شده است و گفتنی است که در شهر تهران به طور متوسط هر مسافر زمانی برابر با ۳۰ دقیقه را در صفوف ترافیک می‌گذراند.

متاسفانه با وجود معضلات عدیده در زمینه‌ی حمل‌ونقل در ایران، نبود توجه جدی به آن و عدم تدوین استراتژی‌های مناسب، هنوز راه حل سیستماتیکی برای حل مشکلات حمل‌ونقل شهری و بین‌شهری ارائه نشده است. امید است این تحقیق گام کوچکی در راه رسیدن به یک برنامه‌ریزی منسجم و اجرایی در حوزه‌ی حمل‌ونقل باشد. همچنین نبود اطلاعات جامع در این زمینه و مطالعات محدود مرتبط با مسئله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه، محقق را به انجام این پژوهش ترغیب نموده است. از سوی دیگر الگوریتم پیشنهادی برای حل این مسئله (با قیود خاص این مسئله) تا کنون استفاده نشده است که این خود به جذابیت موضوع می‌افزاید.

پس می‌توان به طور خلاصه ضرورت و انگیزه‌های تحقیق را به شکل زیر عنوان کرد:

- اهمیت موضوع حمل‌ونقل و به تبع آن مسئله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه به خاطر هزینه‌های هنگفت اقتصادی و زمانی و همچنین وابستگی مستقیم به بحث منابع ملی (به طور خاص بنزین، گازوئیل و دیگر سوخت‌های فسیلی)
- NP\_Hard بودن مسئله مسیریابی وسایل نقلیه و ساختار پیچیده‌ی آن
- پیشینه تحقیق اندک و انجام نشدن پژوهش‌های مناسب در زمینه‌ی مسیریابی وسایل نقلیه در ایران
- جدید بودن الگوریتم‌های پیشنهادی و ضرورت بررسی آنها در رابطه با حل مسئله‌ی مسیریابی

### ۱-۳- اهداف تحقیق

همان‌طور که گفته شد؛ مسائل مربوط به حمل‌ونقل به دلیل ارتباط با ترافیک شهری و همچنین هزینه‌بر بودن بسیار مورد توجه هستند. ناوگان حمل‌ونقل دارای ظرفیت بالقوه‌ی بالایی برای جابجایی کالا و انسان است اما با توجه به استفاده غیراصولی از آن، بخش اعظم آن بلا استفاده مانده است.