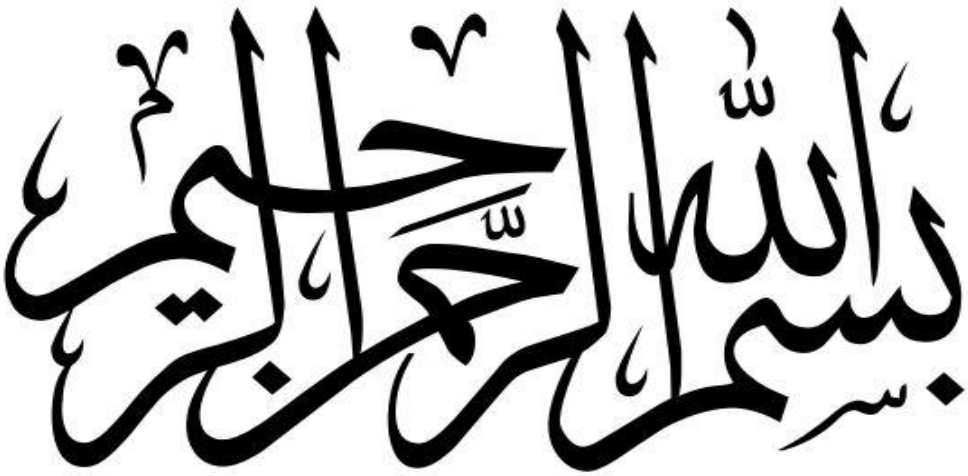

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی صنایع

ارائه مدل برای مساله مکانیابی–مسیریابی با برداشت و تحویل برش یافته و همزمان

وحید عزیزی

استاد راهنما: دکتر مصطفی ستاک

پایان‌نامه برای دریافت مدرک کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع- صنایع

شهریور۱۳۹۲

تقدیم به

پدر دلسوز و مادر فداکارم و برادر عزیزم

به پاس همه محبت‌های بی دریغشان

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**تأییدیه هیأت داوران**	**شماره:** **تاریخ:**

هیات داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان:

ارائه مدل برای مساله مکانیابی-مسیریابی با برداشت و تحویل برش یافته و همزمان

توسط آقای وحید عزیزی، صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع در تاریخ ...../ ...../ .....۱۳ مورد تایید قرار می دهند.

۱- استاد راهنمای اول	جناب آقای / سرکار خانم دکتر	امضاء
۲- استاد راهنمای دوم	جناب آقای / سرکار خانم دکتر	امضاء
۳- استاد مشاور	جناب آقای / سرکار خانم دکتر	امضاء
۴- ممتحن داخلی	جناب آقای / سرکار خانم دکتر	امضاء
۵- ممتحن خارجی	جناب آقای / سرکار خانم دکتر	امضاء
۶- معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده	جناب آقای / سرکار خانم دکتر	امضاء

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**اظهارنامه دانشجو**	**شماره:** **تاریخ:**

اینجانب وحید عزیزی، دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان نامه با عنوان

ارائه مدل برای مساله مکانیابی-مسیریابی با برداشت و تحویل برش یافته و همزمان

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر مصطفی ستاک، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان نامه مورد تایید می باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ گونه مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**حق طبع و نشر و مالکیت نتایج**	**شماره:** **تاریخ:**

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی‌باشد.

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم .

اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ": از پدر و مادر عزیزم این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند؛ از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر مصطفی ستاک که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ لگی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛ از جناب آقای مهندس حسین کریمی که راهنمایی های جانبی این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم. باشد که این خرد ترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده:

مسائل دنیای واقعیت در برگیرنده انواع محدودیت‌ها در کنار یکدیگر هستند. بنابراین باید به دنبال ایجاد مدل‌های قابل اطمینانی بود که پاسخگوی تمامی محدودیت‌های موجود در هر مساله مورد بررسی باشند به طوری که صرفا جنبه تئوری نداشته و در عمل نیز پرکاربرد باشند. در این پایان‌نامه، هدف گسترش نوع خاصی از مساله مکانیابی-مسیریابی می‌باشد. این مساله خاص، مساله مکانیابی-مسیریابی با برداشت و تحویل همزمان است که قبلا بررسی شده است. با در نظر گرفتن نکات ذکر شده، مدل‌سازی مساله مکانیابی-مسیریابی با برداشت و تحویل همزمان در حضور شرایطی مانند پنجره‌های زمانی نرم یک‌طرفه، قابلیت برش در تقاضا و حضور همزمان پنجره‌های زمانی و قابلیت برش در تقاضا، می‌تواند بر توانایی‌های کاربردی آن بیافزاید. یکی از کاربردهایی که می‌توان برای این دسته از مسائل متصور بود، استفاده از آن در سیستم توزیع صنعت مواد نوشیدنی است.

در گام نخست این تحقیق، مساله مکانیابی-مسیریابی با برداشت و تحویل همزمان با افزودن پنجره‌های زمانی نرم یک‌طرفه گسترش داده می‌شود و مدل آن به اختصار LRPSPDTW نامگذاری می‌گردد. سپس قابلیت برش در تقاضا به مساله ذکر شده افزوده می‌گردد که مدل حاصل از این کار به اختصار LRPSPDSL نامیده می‌شود. در انتها برای تکمیل مدل به دست آمده، پنجره‌های زمانی نرم یک‌طرفه نیز در آن گنجانده می‌شود و مدل نهایی با عنوان "مساله مکانیابی-مسیریابی با برداشت و تحویل همزمان و بارهای برش یافته و پنجره زمانی نرم یک‌طرفه" و یا به اختصار LRPSPDSLTW به دست می‌آید. با توجه به NP-hard بودن مساله‌های یاد شده، زمان محاسباتی جهت حل دقیق آنها با بالا رفتن بعد مساله به صورت فزاینده‌ای افزایش می‌یابد. بدین جهت از الگوریتم‌های فراابتکاری متنوعی مانند الگوریتم ژنتیک گسسته، ژنتیک پیوسته، بهینه‌سازی انبوه ذرات و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تدریجی برای رفع این مشکل استفاده می‌گردد. برای هر کدام از سه مدل طراحی شده، نتایج حاصل از به کارگیری الگوریتم‌های فرا ابتکاری و حل دقیق مساله در قالب گزارش‌های تحلیلی، ارائه می‌شود. در فصل پایانی نیز جهت تحقیقات آتی در زمینه پژوهش حاضر پیشنهاداتی ارائه می‌گردد.

کلمات کلیدی: مکانیابی-مسیریابی ؛ برداشت و تحویل ؛ برش در تقاضا ؛ پنجره زمانی نرم؛ الگوریتم ژنتیک ؛ بهینه‌سازی انبوه ذرات

فهرست مطالب

فصل اول کلیات موضوع ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ مساله مسیریابی وسیله نقلیه ۳

۱-۳ مساله مسیریابی وسیله نقلیه با برش در تقاضا ۷

۱-۴ ضرورت انجام تحقیق و اهمیت تحقیق ۹

۱-۵ اهداف تحقیق ۹

۱-۶ ساختار تحقیق ۱۰

۱-۷ جمع‌بندی فصل اول ۱۱

فصل دوم مرور ادبیات و پیشینه تحقیق ۱۲

۲-۱ مقدمه ۱۳

۲-۲ مروری بر مسائل مکانیابی-مسیریابی در ادبیات موضوعی ۱۳

۲-۲-۱ مکانیابی، مسیریابی و مکانیابی- مسیریابی ۱۴

۲-۲-۲ کاربردهای مکانیابی-مسیریابی ۱۸

۲-۳ مروری بر مسائل مسیریابی وسیله نقلیه در ادبیات موضوعی ۲۰

۲-۳-۱ مساله مسیریابی وسیله نقلیه ظرفیت‌دار ۲۰

۲-۳-۲ مساله مسیریابی وسیله نقلیه با پنجره‌های زمانی ۲۲

۲-۳-۳ مساله مسیریابی وسیله نقلیه با بار بازگشت ۲۳

۲-۳-۴ مساله مسیریابی وسیله نقلیه با برداشت و تحویل ۲۴

۲-۳-۵ مساله مسیریابی وسیله نقلیه با انبارهای چندگانه ۲۵

۲-۳-۶ مساله مسیریابی وسیله نقلیه دوره‌ای ۲۵

۲-۳-۷ مساله مسیریابی وسیله حمل و نقل با برش در تقاضا ۲۶

۲-۳-۸ مساله مسیریابی وسیله نقلیه احتمالی ۲۷

۲-۳-۹ مساله مسیریابی وسیله نقلیه پویا ۲۷

۲-۴ مساله مسیریابی وسیله نقلیه با برش در تقاضا ۲۸

۲-۴-۱ روش های ابتکاری ۲۹

۲-۴-۱-۱ جستجوی ممنوع ۲۹

۲-۴-۱-۲ الگوریتم ژنتیک ۳۰

۲-۴-۱-۳ برنامه ریزی عدد صحیح مختلط با یک روش فرا ابتکاری مسیریابی ۳۱

۲-۴-۱-۴ جستجوی پراکندگی ۳۱
۲-۴-۲ بررسی برخی از انواع SDVRP ۳۱
۲-۴-۲-۱ وسایل ناهمگون ۳۲
۲-۴-۲-۲ رویدادهای زمان واقعی ۳۲
۲-۴-۲-۳ تحویل چندین محصول در مسیر ثابت ۳۴
۲-۴-۲-۴ برداشت و تحویل با بارهای برش یافته ۳۵
۲-۵ جمع‌بندی فصل دوم ۳۶
فصل سوم مساله مکانیابی-مسیریابی با برداشت و تحویل همزمان و پنجره زمانی نرم یک‌طرفه ۳۷
۳-۱ مقدمه ۳۸
۳-۲ شرح مساله ۳۸
۳-۳ مدل‌سازی مساله ۳۹
۳-۴ الگوریتم‌های حل فرا ابتکاری ۴۵
۳-۴-۱ الگوریتم ژنتیک ۴۵
۳-۴-۱-۱ کروموزوم و جمعیت اولیه ۴۶
۳-۴-۱-۲ تولید جواب شدنی ۴۷
۳-۴-۱-۳ عملگر تقاطع ۵۰
۳-۴-۱-۴ عملگر جهش ۵۱
۳-۴-۱-۵ تنظیم پارامتر الگوریتم ژنتیک پیشنهادی ۵۲
۳-۴-۲ الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تدریجی ۵۴
۳-۴-۲-۱ معیار متروپلیس ۵۶
۳-۴-۲-۲ برنامه سرد کردن در شبیه‌سازی تبرید تدریجی ۵۶
۳-۴-۲-۳ همسایگی در شبیه‌سازی تبرید تدریجی ۵۷
۳-۴-۲-۴ تنظیم پارامتر الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تدریجیِ پیشنهادی ۵۸
۳-۴-۳ ارزیابی تابع هزینه ۶۰
۳-۵ آزمایشات عددی ۶۰
۳-۶ جمع‌بندی فصل سوم ۶۴
فصل چهارم مساله مکانیابی-مسیریابی با برداشت و تحویل همزمان و بارهای برش یافته ۶۵

۴-۱ مقدمه ۶۶
۴-۲ شرح مساله ۶۶
۴-۳ مدلسازی مساله ۶۷
۴-۴ الگوریتم GA-GA پیشنهادی برای مدل LRPSPDSL ۷۲
۴-۴-۱ کروموزوم و جمعیت اولیه ۷۳
۴-۴-۲ ژنتیک پیوسته ۷۵
۴-۴-۲-۱ عملگر تقاطع در ژنتیک پیوسته ۷۶
۴-۴-۲-۲ عملگر جهش در ژنتیک پیوسته ۷۷
۴-۴-۳ ارزیابی تابع هزینه ۷۷
۴-۴-۴ تنظیم پارامتر الگوریتم پیشنهادی ۷۷
۴-۵ الگوریتم GA-PSO پیشنهادی برای مدل LRPSPDSL ۸۰
۴-۵-۱ الگوریتم بهینه‌سازی انبوه ذرات ۸۰
۴-۵-۱-۱ بهینه‌سازی انبوه ذرات ۸۰
۴-۵-۱-۲ ساختار ذرات در الگوریتم پیشنهادی ۸۲
۴-۵-۱-۳ تعیین بهترین عمومی و بهترین محلی ۸۲
۴-۵-۱-۴ به‌روز رسانی موقعیت ذرات ۸۲
۴-۵-۲ تنظیم پارامتر برای الگوریتم GA-PSO پیشنهادی ۸۳
۴-۶ آزمایشات عددی ۸۶
۴-۷ جمع‌بندی فصل چهارم ۹۲
فصل پنجم مساله مکانیابی-مسیریابی با برداشت و تحویل همزمان و بارهای برش یافته و پنجره‌های زمانی نرم یک‌طرفه ۹۴
۵-۱ مقدمه ۹۵
۵-۲ شرح مساله ۹۵
۵-۳ مدلسازی مساله ۹۷
۵-۴ الگوریتم GA-PSO پیشنهادی برای مدل LRPSPDSLTW ۱۰۴
۵-۴-۱ تنظیم پارامتر الگوریتم GA-PSO پیشنهادی ۱۰۴
۵-۵ آزمایشات عددی ۱۰۵
۵-۶ جمع‌بندی فصل پنجم ۱۰۸
فصل ششم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی ۱۰۹
۶-۱ مقدمه ۱۱۰

۶-۲ نتایج و نوآوری‌های تحقیق ۱۱۰
۶-۳ پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی ۱۱۱
۶-۴ جمع‌بندی تحقیق ۱۱۱
فهرست مراجع ۱۱۳

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱ فرمولبندی یا مدل‌سازی برنامه ریزی خطی برای انواع مساله مکانیابی-مسیریابی..... ۱۶
جدول ۲-۲ مختصری از کاربردهای مساله مکانیابی-مسیریابی ۱۹
جدول ۲-۳ تعدادی از مقالاتی که SDVRP را فرمولبندی و حل کرده اند..... ۲۹
جدول۳-۱ مقادیر پیشنهادی پارامترهای الگوریتم ژنتیک پیشنهادی..... ۵۳
جدول ۳-۲ مقادیر تعیین شده برای پارامترهای الگوریتم ژنتیک پیشنهادی..... ۵۴
جدول۳-۳ مقادیر پیشنهادی پارامترهای الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تدریجیِ پیشنهادی..... ۵۸
جدول ۳-۴ مقادیر تعیین شده برای پارامترهای الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تدریجیِ پیشنهادی..... ۵۹
جدول ۳-۵ مشخصات مسائل نمونه..... ۶۱
جدول ۳-۶ نتایج و زمان محاسباتی حل دقیق و الگوریتم‌های پیشنهادی بر روی مسائل نمونه در LRPSPDTW..... ۶۳
جدول۴-۱ مقادیر پیشنهادی پارامترهای الگوریتم GA-GA پیشنهادی..... ۷۸
جدول ۴-۲ مقادیر تعیین شده برای پارامترهای الگوریتم GA-GA پیشنهادی..... ۷۹
جدول ۴-۳ مقادیر پیشنهادی برای پارامترهای الگوریتم GA-PSO..... ۸۴
جدول ۴-۴ مقادیر تعیین شده برای پارامترهای الگوریتم GA-PSO پیشنهادی..... ۸۵
جدول ۴- ۵ ویژگی‌های اصلی مسائل نمونه طراحی شده..... ۸۷
جدول ۴- ۶ ویژگی‌های اصلی مسائل نمونه متوسط طراحی شده..... ۸۷
جدول ۴-۷ نتایج و زمان محاسباتی حل دقیق و الگوریتم‌های پیشنهادی بر روی مسائل نمونه کوچک در LRPSPDSL..... ۸۸
جدول ۴-۸ نتایج و زمان محاسباتی حل دقیق و الگوریتم‌های پیشنهادی بر روی مسائل نمونه متوسط در LRPSPDSL..... ۹۰
جدول ۵-۱ نتایج حاصل از حل مسائل نمونه LRPSPDSLTW..... ۱۰۶

فهرست شکل‌ها

شکل۱-۱ تعداد مقالات منتشر شده در زمینه VRP از سال ۱۹۵۴ تا ۲۰۰۶ در مجموعه‌ای از ژورنال‌های مورد بررسی..... ۴
شکل۱-۲ تعداد موارد یافت شده عبارت "Split Delivery" در گوگل اسکولار برای سال های۲۰۱۲-۲۰۰۰..... ۹
شکل ۳-۱ ساختار یک کروموزوم برای الگوریتم ژنتیک پیشنهادی ۴۶
شکل ۳-۲ ساختار یک جمعیت نمونه برای الگوریتم ژنتیک پیشنهادی..... ۴۷
شکل ۳-۳ شمای کلی از یک مثال برای مساله LRPSPDTW..... ۴۸
شکل ۳-۴روند تولید جواب شدنی..... ۴۹
شکل ۳-۵ نحوه عملکرد عملگر تقاطع تک نقطه‌ای..... ۵۱
شکل ۳-۶ نحوه عملکرد عملگر تعویض در جهش..... ۵۲
شکل ۳-۷ نحوه عملکرد عملگر جایگذاری در جهش..... ۵۲
شکل ۳-۸ نحوه عملکرد عملگر معکوس سازی در جهش..... ۵۲
شکل ۳-۹ نتیجه آنالیز تاگوچی برای پارامترهای الگوریتم ژنتیک پیشنهادی..... ۵۴
شکل ۳-۱۰ نتیجه آنالیزتاگوچی برای پارامترهای الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تدریجیِ پیشنهادی ۵۹
شکل ۳-۱۱ نمایش جواب‌های بدست آمده از حل دقیق و روش‌های ابتکاری مسائل نمونه برای LRPSPDTW..... ۶۲
شکل۳-۱۲ نمایش درصد اختلاف جواب‌های بدست آمده از روش‌های ابتکاری و حل دقیق..... ۶۴
شکل ۴-۱ ساختار یک کروموزوم گسسته مورد استفاده در الگوریتم GA-GA پیشنهادی..... ۷۴
شکل ۴-۲ نحوه ایجاد ترکیب های برش..... ۷۴
شکل ۴-۳ ساختار یک کروموزوم پیوسته مورد استفاده در الگوریتم GA-GA پیشنهادی..... ۷۵
شکل ۴-۴ نتیجه آنالیز تاگوچی برای پارامترهای الگوریتم GA-GA پیشنهادی..... ۷۹
شکل ۴-۵ نتیجه آنالیز تاگوچی برای پارامترهای الگوریتم GA-PSO پیشنهادی..... ۸۵
شکل ۴-۶ مقایسه نتایج بدست آمده از GA-GA و GA-PSO و GAMS برای مسائل نمونه کوچک در LRPSPDSL ۹۱
شکل ۴-۷ زمان محاسباتی الگوریتم‌های پیشنهادی و نرم‌افزار گمز برای حل مساله LRPSPDSL ۹۱
شکل ۴-۸ مقایسه نتایج بدست آمده از GA-GA و GA-PSO و GAMS برای مسائل نمونه متوسط در LRPSPDSL..... ۹۲

شکل ۵-۱ شمایی کلی از مساله LRPSPDSLTW ۹۶
شکل ۵-۲ زمان محاسباتی الگوریتم‌های پیشنهادی و نرم‌افزار گمز برای حل مساله LRPSPDSLTW ۱۰۷

فصل اول

کلیات موضوع

۱-۱ مقدمه

تحقیق در عملیات اصولا یک رشته کاریرد محور است. حوزه زنجیره تامین نیز به عنوان زمینه ای که معمولا از مدل های تحقیق در عملیاتی استفاده می کند، از این قاعده مستثنا نمی‌باشد. یکی از مسائل پرکاربرد در حوزه زنجیره تامین مساله مکانیابی-مسیریابی می‌باشد. کاربردهای فراوان و موثر، از لحاظ اقتصادی، این مساله را به یکی از موضوعات جذاب برای محققین تبدیل نموده است. اگرچه با مطالعه تحقیقات علمی مرتبط با این موضوع می‌توان دریافت که توجه به جنبه های مکانیابی بیشتر از جنبه های مسیریابی بوده است. از این جهت مسائل مکانیابی-مسیریابی با تاکید بر ویژگی های مسیریابی زمینه تحقیقاتیِ بالقوه ای را فراهم نموده است.

در ارتباط با مساله مسیریابی وسیله نقلیه ویژگی های متعددی مورد علاقه پژوهشگران این حوزه بوده و مورد بررسی قرار گرفته اند. قابلیت تقاضای همزمان برداشت و تحویل و قابلیت ایجاد برش در تقاضا دو نمونه از این ویژگی‌ها است که هم در عمل بسیار کاربردی می‌باشد و هم در تحقیقات بسیار مورد استفاده قرار گرفته است. ازجمله این کاربردها، می‌توان به صنایع سنگین اشاره نمود. مانند صنایع فولاد که می‌تواند هر دو نوع تقاضای تحویل و برداشت را به صورت هم زمان داشته باشند. تقاضای تحویل، مواد اولیه است و تقاضای برداشت می تواند مواد زائد و پسماند باشد. همچنین تقاضای تحویل در این صنایع معمولا از ظرفیت وسایل نقلیه موجود بیشتر می‌باشد که استفاده از قابلیت برش در تقاضا و تبدیل آن به بخش های کوچکتر اجتناب ناپذیر است. با توجه به نکته ای که قبلا اشاره شد، استفاده از این ویژگی‌ها

به صورت همزمان در مساله مکانیابی-مسیریابی منشا ایجاد مساله جدیدی می‌گردد که می‌تواند پاسخ مناسبی به مسائل مشمول این خصوصیت ها باشد. زمانی‌که در مسائل مرتبط با مسیریابی وسیله نقلیه[1] تقاضای مشتری بیش از ظرفیت وسایل نقلیه موجود باشد، مدل های کلاسیک مسیریابی قابل استفاده نیست. در این شرایط موضوع مسیریابی در شرایط برش در تقاضا مطرح می‌گردد. برش در تقاضا با استفاده از وسایل با ظرفیت های کمتر، اما ارزان تر، و ایجاد کاهش در مسیر کلی طی شده در شبکه در کاهش هزینه ها موثر است. در این پژوهش برای نخستین بار به بررسی مساله مکان یابی-مسیریابی با برداشت و تحویل هم زمان و بارهای برش یافته پرداخته می‌شود. در این پژوهش تاکید بیشتر بر بعد مسیریابی و ویژگی های مرتبط با آن می‌باشد لذا در این فصل، در ابتدا اهمیت مساله مسیریابی وسیله نقلیه مطرح می‌گردد و در ادامه ابعاد موضوع مورد بررسی تشریح می‌شود و به بعد مکانیابی نیز در فصل بعد پرداخته می‌شود.

۱-۲ مساله مسیریابی وسیله نقلیه

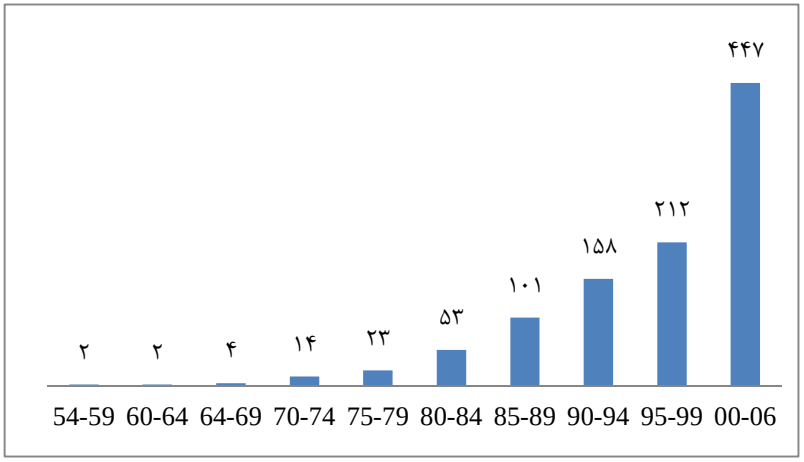
امروزه توزیع یا جمع‌آوری کالا نوعی از ارائه خدمت به مجموعه‌ای از مشتریان است، که در یک دوره زمانی معین به وسیله مجموعه‌ای از وسایل نقلیه، انجام می‌شود. جابه‌جایی این وسایل نقلیه از طریق یک شبکه جاده‌ای انجام می‌شود. مساله مسیریابی وسیله نقلیه(VRP) به‌کمک مدلسازی ریاضی به دنبال بهینه‌سازی این‌گونه جابه‌جایی‌ها می‌باشد؛ از این جهت VRPبه‌عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل بهینه‌سازی ترکیبی شناخته می‌شود.

اولین نسخه از مسائل مسیریابی وسیله نقلیه در سال ۱۹۵۹ و توسط دانتزیگ و رمسر[2] معرفی گردید. آن‌ها یک کاربرد واقعی از تحویل بنزین به ایستگاه‌های پمپ بنزین را در نظر گرفتند و اولین فرمول‌بندی

[1] Vehicle Routing Problem
[2] Dantzig and Ramser

برنامه‌ریزی ریاضی و رویکرد الگوریتمی را برای آن پیشنهاد دادند(شاردا[۳] و همکاران،۲۰۰۸). پس از آن در سال ۱۹۶۴، کلارک و رایت[۴] یک الگوریتم ابتکاری به‌صورت حریص را که بهبودی برای روش دانتزیگ و رمسر بود، ارائه کردند. این دو مقاله زمینه‌ساز هزاران مدل و الگوریتمی شدند که جواب‌های بهینه و تقریبی را برای انواع مختلف VRPبدست می‌آورند. بر اساس بررسی‌ها، جستجوی عبارت " Vehicle Routing Problem" در گوگل اسکولار[۵] در سال ۲۰۰۷، ۸۶۸۰ پاسخ را به همراه داشت، که این عدد در حال حاضر به‌بیش از ۲۸۱۰۰ مورد رسیده است. این افزایش نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر مسائل مسیریابی وسیله نقلیه به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. اکشیوغلو[۶] وهمکاران (۲۰۰۹) این روند افزایشی را در مجموعه ژورنال‌های مورد بررسی خود به‌صورت شکل ۱-۱ نشان دادند.

یک مساله مسیریابی وسیله نقلیه در شکل پایه‌ای خود شامل یافتن مجموعه‌ای از مسیرها است که از یک انبار آغاز شده و به همان انبار ختم می‌گردد، به طوری که تقاضاهای همه مشتریان را پاسخ گوید، محدودیت‌های عملیاتی را برآورده سازد و هزینه کل حمل و نقل را حداقل نماید.



شکل۱-۱ تعداد مقالات منتشر شده در زمینه VRP از سال ۱۹۵۴ تا ۲۰۰۶ در مجموعه‌ای از ژورنال‌های مورد بررسی(اکشیوغلو و همکاران،۲۰۰۹)

[۳] Sharda
[۴] Clarke and Wright
[۵] Google Scholar
[۶] Eksioglu

مساله مسیریابی وسیله نقلیه را می‌توان با استفاده از یک گراف جاده‌ای نمایش داد. این گراف جاده‌ای شامل گره‌ها و کمان‌ها می‌باشد، که در آن گره‌ها نشان‌دهنده محل قرارگیری مشتریان و انبار، و کمان‌ها معرف جاده‌ها هستند. این کمان‌ها و به تبع آن گراف جاده‌ای می‌توانند جهت‌دار یا بدون جهت باشند. این مساله مشخص می‌سازد که وسیله نقلیه تنها در یک جهت می‌تواند مسیر را طی کند و یا در هر دو جهت این امکان را دارد. برای هر کمان یک هزینه در نظر گرفته شده‌است، که معمولا طول آن را نشان می‌دهد، و یک زمان سفر نیز به آن تخصیص داده می‌شود، که معمولا وابسته به نوع وسیله نقلیه و یا وابسته به دوره‌ای است که وسیله نقلیه کمان (یا جاده) را طی می‌کند.

برای هر مشتری نیز خصوصیاتی عمومی وجود دارد که برخی از آن‌ها به صورت موارد زیر می‌باشد(تاث و ویگو[۷]،۲۰۰۲):

- رأس‌ها در گراف(جز رأس‌های مربوط به‌انبارها) محل قرار گرفتن مشتری‌ها را نشان می‌دهد.
- مقدار کالا(تقاضا) که بایستی به مشتری تحویل داده شود و یا از او جمع آوری شود.
- پنجره‌های زمانی که مشتری می‌تواند در طی آن خدمت‌دهی شود(به عنوان مثال گاهی اوقات به‌دلیل وجود ترافیک در محل مشتری ممکن است تنها ساعات خاصی برای تحویل و یا جمع‌آوری کالا در نظر گرفته شود).
- زمان لازم برای تحویل و یا جمع‌آوری کالاها در محل مشتری، که این مورد معمولا وابسته به نوع وسیله نقلیه است.

گاهی اوقات ممکن است برآوردن تقاضای همه مشتریان امکان پذیر نباشد. در این شرایط مقدار تحویل و یا جمع‌آوری می‌تواند کاهش یابد و یا به مجموعه‌ای از مشتریان خدمت‌دهی نشود. در این شرایط بحث اولویت‌دهی به‌مشتریان و تعیین جریمه برای خدمات انجام نشده مطرح می‌گردد.

در برخی از کاربردهای واقعی مسائل مسیریابی با چند انبار مرکزی، مشتریان از قبل به انبارها تخصیص داده می‌شوند و وسایل نقلیه بایستی در پایان هر مسیر به‌انبار خود بازگردند. در این موارد مساله

[۷] Toth and Vigo