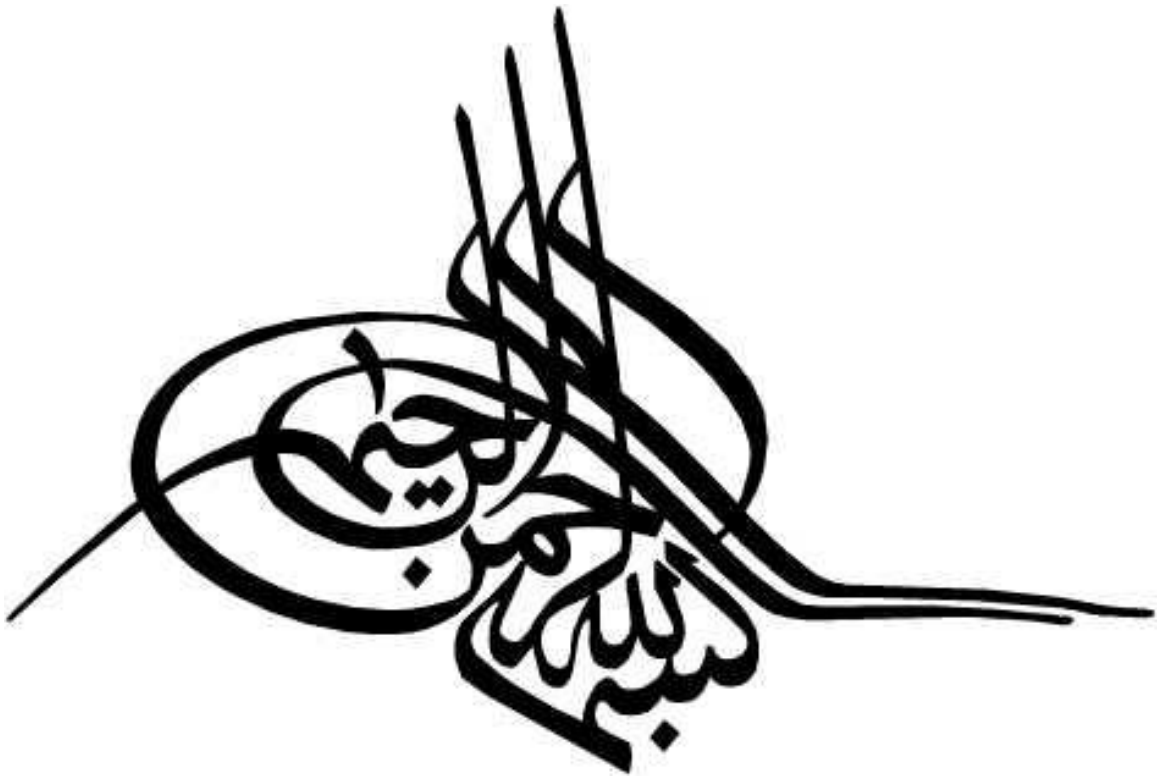
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر

گرایش مهندسی نرم‌افزار

ارائهء یک الگوریتم جستجوی مبتنی بر روشهای مبنی برجمعیت در بهینه‌سازی ترکیبی

نگارش:

معصومه خیرخواه‌زاده

استاد راهنما:

آقای دکتر احمد عبداله‌زاده

بهمن ۱۳۸٦

بسمــه تعالـــی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
معاونت پژوهشی

فرم اطلاعات پایان نامه
کارشناسی ارشد و دکترا

تاریخ: .....

پیوست: .....

نام و نام خانوادگی:	معصومه خیرخواه‌زاده	**دانشجوی آزاد** ■	**بورسیه** ☐	**معادل** ☐
شماره دانشجوئی:	۸۴۱۳۱۰۴۲	**دانشکده:** مهندسی کامپیوتر	**رشته تحصیلی:**	مهندسی کامپیوتر- نرم افزار
نام و نام خانوادگی استاد راهنما:	آقای دکتر احمد عبداله زاده بارفروش			
عنوان پایان نامه به فارسی:	ارائهء یک الگوریتم جستجوی مبتنی بر روشهای مبنی برجمعیت در بهینه سازی ترکیبی			
عنوان پایان نامه به انگلیسی:	Presenting a Search Algorithm Based on Population-based Methods in Combinatorial Optimization			
نوع پروژه:	**کارشناسی ارشد** ■ / **دکترا** ☐	**کاربردی**■	**بنیادی** ☐	**توسعه ای** ■ **نظری** ☐
تاریخ شروع:	بهمن ماه ۸۵	**تاریخ خاتمه:** بهمن ماه ۸۶	**تعداد واحد:** ۶	
سازمان تأمین کننده اعتبار:	مرکز تحقیقات مخابرات ایران			
واژه های کلیدی به فارسی:	بهینه سازی گروه مورچگان، مساله مسیریابی وسایل نقلیه، درخت پوشای کمینه، مسایل بهینه سازی ترکیبی و فرااکتشافات			
واژه های کلیدی به انگلیسی:	Ant colony optimization, Vehicle routing problem, Minimum spanning tree, combinatorial optimization problems, Metaheuristics			

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت های پژوهشی دانشگاه:

استاد راهنما:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

تقدیم به

دل‌انگیزترین ترانه‌های زندگیم، پدر و مادر عزیزم که از هیچ‌گونه فداکاری و مهر، در حق من دریغ نکردند.

همچنین به خواهر عزیزم خانم مهندس خیرخواه‌زاده به پاس کمکهای بی‌شائبه شان که همواره در طول دوران تحصیل راهگشای من بوده است.

و به خواهر و برادرم مژده و محمدحسین.

و همه کسانی که سهمی در موفقیت من داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

از استاد عزیزم جناب آقای دکتر عبداله‌زاده به دلیل راهنماییهای استادانه و پشتیبانی های پدرانه‌شان برای انجام این پژوهش کمال تشکر را دارم.

همچنین از خانواده محترم جناب آقای مهندس هاشمی به دلیل پشتیبانی و حمایتهای بی دریغشان قدردانی می کنم.

این پایان نامه بر اساس قرارداد شماره ۵۰۰/۱۵۳۷۱/ت مورخ ۸۵/۱۲/۱۳ تحت حمایت مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران انجام شده است.

تعهدنامه

بدینوسیله؛ اینجانب معصومه خیرخواه‌زاده تعهد می‌نمایم که مطالب ارائه شده در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی و تحقیق اینجانب می‌باشد و قبلاً برای احراز هیچ مدرک دیگری ارائه نشده است. رجوع به دست آوردهای دیگران که در این پایان نامه از آنها استفاده شده مطابق مقررات ارجاع داده شده است. چنانچه در هر شرایطی این موارد به درستی رعایت نگردد، دانشگاه مجاز به ابطال پایان نامه خواهد بود. کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشکده مهندسی کامپیوتر دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: معصومه خیرخواه‌زاده

تاریخ: امضاء:

چکیده

از آنجا که توزیع کالا به طور متوسط حدود ۲۰٪ از هزینه کل تولید را تشکیل می دهد، بهبود کارایی در حمل و نقل کالاها باعث صرفه جویی زیادی در قیمت تمام شده آنها و رقابت در اقتصاد منطقه ای می‌شود. بیشتر مسایل حوزه توزیع کالا می توانند به صورت مساله مسیریابی وسیله نقلیه[۱] (VRP) درنظر گرفته شوند که تعمیم مساله فروشنده دوره گرد[۲] است و یکی از مسایل مهم در محدوده مسایل بهینه سازی ترکیبی است که روشهای مکاشفه‌ای زیادی برای حل آن ایجاد شده است.

مساله مسیریابی وسیلهء نقلیه، شامل تعدادی مشتری است که هر یک به میزان خاصی کالا نیاز دارند که باید به آنها تحویل گردد. هدف، تعیین مجموعه ای از مسیرها (یا تورها) است که کمترین مجموع هزینه را دارا بوده، در انبار آغاز شده و در آن پایان یابند، هر مشتری دقیقا یکبار و توسط یک وسیله بازدید شود و کل تقاضای گره‌های هر مسیر از ظرفیت وسیله تجاوز نکند.

از آنجا که VRP یک مساله بهینه سازی ترکیبی است و حل آن با روشهای دقیق به زمان نمایی نیاز دارد، روشهای مکاشفه ای زیادی برای حل آن به کاررفته است. ما نیز در این پروژه یک الگوریتم جدید برای حل VRP ارائه کرده ایم که برمبنای روش بهینه‌سازی گروه مورچگان (ACO)، قرار دارد. در این الگوریتم پیش از تولید جوابها توسط مورچه‌ها، از یک رویه پیش پردازشی برای ساخت درخت پوشای می نیمم ویژه‌ای (که وزن خاصی را برای یالهای آن تعریف کرده‌ایم) استفاده می کنیم تا رویه ساخت جواب را به سوی مسیرهای بهتر هدایت کنیم. همچنین از رویه های جستجوی محلی اصلاح شده برای بهبود جوابهای تولید شده توسط مورچه‌ها استفاده می کنیم. در الگوریتم ارائه شده، نحوه تصمیم گیری مورچه‌ها برای انتخاب گره بعدی بهبود یافته است و علاوه بر میزان مکاشفه ای و میزان فرومون موجود روی یالها، از وزن یالهای درخت، میزان صرفه جویی حاصل از ترکیب گره‌ها و میزان درخواست هر گره نیز برای انتخاب گره‌های بعدی در هنگام ساخت مسیرها بهره گرفته ایم. به علاوه در هر مرتبه تکرار الگوریتم، وزن یالهای درخت را نیز همانند مقادیر فرومون، بسته به کیفیت مسیرهای ساخته شده و میزان فرومون متناظر با یالها در این تکرار، به روز می کنیم. برای جلوگیری از رکود نیز از یک مکانیزم شروع مجدد و بازگرداندن مقادیر پارامترها به حالت اولیه بهره می‌بریم.

واژگان کلیدی: بهینه سازی گروه مورچگان، مساله مسیریابی وسایل نقلیه، درخت پوشای کمینه، مسایل بهینه سازی ترکیبی و فرااکتشافات.

---

[۱] Vehicle Routing Problem

[۲] Traveling Salesman Problem

فهرست علائم اختصاری

ACO	Ant Colony Optimization
ACS	Ant Colony System
ANTS	Approximate Nondeterministic Tree Search
AS	Ant System
AS_{rank}	Rank-based Ant System
BWAS	Best Worst Ant System
CO	Combimatorial Optimization
CSP	Car Sequencing Problem
CVRP	Capacitated VRP
EC	Evolutionary Computation
EP	Evolutionary Programming
ES	Evolution Strategies
GA	Genetic Algorithm
GAP	Generalized Assignment Problem
GLS	Guided Local Search
GP	Genetic Programming
GRASP	Greedy Randomized Adaptive Search Procedure
ILS	Iterated Local Search
JSS	Job shop scheduling
MDVRP	Multi-Depot VRP
MKP	Multi Knapsack Problem
MMAS	Max-Min Ant System
MST	Minimum Spanning Tree
OVRP	Open VRP
QAP	Quadratic Assignment Problem
SA	Simulated Annealing

SCP	Set Covering Problem
SDS	Stochastic Diffusion Search
SDVRP	Site-Dependent VRP
SI	Swarm Intelligence
SOP	Sequential Ordering Problem
SVRP	Stochastic VRP
TS	Tabu Search
TSP	Traveling Salesman Problem
VRP	Vehicle Routing Problem
VRPTW	VRP with Time Windows

فهرست

۱. مقدمه ۲
۱. ۱. ضرورت انجام پروژه ۲
۱. ۲. تعریف پروژه و ارائه راه حل ۸
۱. ۳. ساختار پایان نامه ۱۰
۲. بهینه سازی، مسایل بهینه سازی ترکیبی و فرااکتشافات ۱۵
مقدمه ۱۵
۲. ۱. تئوری بهینه سازی ۱۵
۲. ۲. مسایل و روشهای بهینه سازی ۱۶
۲. ۲. ۱. مولفه های اصلی مسایل بهینه سازی ۱۶
۲. ۲. ۲. طبقه بندی مسایل بهینه سازی ۱۷
۲. ۲. ۳. کلاسهای روش بهینه سازی ۱۸
۲. ۳. فرااکتشافات در بهینه سازی ترکیبی ۱۹
۲. ۳. ۱. تعاریف اولیه مسایل بهینه سازی ۱۹
۲. ۳. ۲. طبقه‌بندی فرااکتشافات ۲۳
۲. ۳. ۳. روشهای خط سیر ۲۵
۲. ۳. ۴. روشهای مبنی بر جمعیت ۳۱
۲. ۳. ۴. ۱. الگوریتم های تکاملی ۳۲
۲. ۳. ۴. ۲. طبقه بندی الگوریتم های تکاملی ۳۳
۲. ۳. ۴. ۳. هوش گروهی ۳۵
۲. ۳. ۴. ۴. بهینه سازی گروه مورچگان (ACO) ۳۹
۲. ۴. جمع بندی ۴۶
۳. بهینه سازی گروه مورچگان (ACO) ۵۱
مقدمه ۵۱
۳. ۱. مدلهای ACO ۵۱
۳. ۱. ۱. Ant System (AS) ۵۲
۳. ۱. ۲. Ant Colony System (ACS) ۵۳
۳. ۱. ۳. Max-Min Ant System (MMAS) ۵۵
۳. ۱. ۴. Rank-based Ant System (AS_{rank}) ۵۵
۳. ۱. ۵. Best-Worst Ant System (BWAS) ۵۶
۳. ۱. ۶. ANTS ۵۶
۳. ۱. ۷. چارچوب hyper-cube برای ACO ۵۷

۳. ۲. رکود و معیارهای تشخیص آن ۵۷
۳. ۳. ACO همراه با جستجوی محلی ۵۹
۳. ۳. ۱. نحوه اعمال LS به الگوریتم های ACO ۵۹
۳. ۳. ۲. تعاریف کلی بعضی از مسایل کلاسیک بهینه سازی ۶۱
۳. ۴. جمع بندی ۶۳
۴. تحقیقات انجام شده در حوزه های ACO و VRP ۶۷
مقدمه ۶۷
۴. ۱. تحقیقات انجام شده در زمینه ACO ۶۷
۴. ۲. تحقیقات انجام شده در زمینهء VRP ۸۰
۴. ۳. جمع بندی ۹۱
۵. طراحی و پیاده سازی الگوریتم جدید ۹۷
مقدمه ۹۷
۵. ۱. تعریف مساله ۹۸
۵. ۲. معماری سیستم ۹۹
۵. ۳. مفاهیم اولیه ۹۹
۵. ۳. ۱. ساختار طراحی شده برای هر مورچه ۱۰۰
۵. ۴. ساختار کلی الگوریتم ارائه شده ۱۰۰
۵. ۴. ۱. دریافت ورودیهای مساله ۱۰۲
۵. ۴. ۲. انجام محاسبات اولیه و مقداردهی به پارامترها ۱۰۳
۵. ۴. ۳. ساخت درخت پوشای کمینه ۱۰۳
۵. ۴. ۴. تولید جوابهای مساله توسط مورچه ها ۱۰۴
۵. ۴. ۵. انجام جستجوی محلی روی جوابهای حاصل ۱۰۷
۵. ۴. ۶. به روزرسانی مقادیر فرومون ۱۱۰
۵. ۴. ۷. به روزرسانی اوزان یالهای درخت ۱۱۲
۵. ۴. ۸. مکانیزم شروع مجدد ۱۱۳
۵. ۴. ۹. انجام محاسبات زمانی ۱۱۳
۵. ۴. ۱۰. محاسبه پارامترهای آماری ۱۱۳
۵. ۴. ۱۱. شرط خاتمه ۱۱۴
۵. ۴. ۱۲. چاپ نتایج در خروجی ۱۱۴
۵. ۴. ۱۳. نکات موثر در بهبود پیاده سازی ۱۱۴
۵. ۵. جمع بندی ۱۱۵
۶. ارزیابی و تحلیل عملکرد الگوریتم ارائه شده ۱۱۸
مقدمه ۱۱۸

۶. ۱. تحلیل الگوریتم از لحاظ زمان و حافظه ۱۱۸
۶. ۲. مشخصات بستر آزمایشگاهی ۱۱۸
۶. ۳. معیارهای ارزیابی ۱۲۰
۶. ۴. نتایج ارزیابی های انجام شده ۱۲۰
۶. ۵. جمع بندی ۱۳۱
۷. نتیجه گیری و کارهای آینده ۱۳۳
مقدمه ۱۳۳
۷. ۱. نتایج حاصل از پروژه ۱۳۳
۷. ۲. دستاوردهای پروژه ۱۳۴
۷. ۳. کارهای آینده ۱۳۴
مراجع ۱۳۶
واژه نامه انگلیسی به فارسی ۱۴۳
واژه نامه فارسی به انگلیسی ۱۴۸

فهرست شکلها

شکل ۲-۱- طبقه بندی الگوریتم های حل مسایل بهینه سازی ترکیبی..... ۲۱
شکل ۲-۲- طبقه بندی فرااکتشافات ۲۴
شکل ۲-۳- دسته بندی روشهای محلی کاوشگرانه ۲۸
شکل ۲-۴- ایدهء GLS پایه: گریز از دره های چشم انداز با افزایش مقدار تابع هدف در این راه حلها [Blum 2003]..... ۳۰
شکل ۲-۵- یک مرحلهء دلخواه از ILS : کمینه محلی § دچار آشفتگی شده، سپس LS اعمال گشته و کمینه محلی جدید یافت می‌شود [Blum 2003]..... ۳۱
شکل ۲-۶- طبقه بندی الگوریتمهای تکاملی..... ۳۵
شکل ۲-۷- مهم ترین مسایل مطرح در هوش گروهی ۳۷
شکل ۲-۸- تصمیم گیری احتمالی مورچه..... ۴۰
شکل ۲-۹- نحوه ترجیح مسیر کوتاهتر به طولانی تر توسط مورچگان..... ۴۰
شکل ۲-۱۰- الگوریتم سطح بالای فرااکتشاف ACO..... ۴۲
شکل ۲-۱۱- جزئیات رویه تولید و فعال سازی مورچه‌ها..... ۴۴
شکل ۵-۱- جایگزینی دو گره از مسیر..... ۱۰۹
شکل ۵-۲- جابه جایی یکی از گره های مسیر..... ۱۰۹
شکل ۶-۱- مقایسه بهترین، بدترین و میانگین جوابها برای مجموعه داده های اول و سوم با نمودار میله ای..... ۱۲۲
شکل ۶-۲- مقایسه جوابهای حاصل از مجموعه داده های اول و سوم با نمودار خطی..... ۱۲۲
شکل ۶-۳- نمودار مقایسه نتایج روی نمونه داده های Christofides و Solomon..... ۱۲۳
شکل ۶-۴- مقایسه تعداد وسایل به کاررفته در ساخت جواب..... ۱۲۵
شکل ۶-۵- مقایسه بهترین جوابها برای مجموعه داده های Taillard..... ۱۲۶
شکل ۶-۶- مقایسه جوابهای حاصل از TACO روی مجموعه داده های Taillard با نمودار میله ای..... ۱۲۷
شکل ۶-۷- مقایسه جوابهای حاصل از TACO روی مجموعه داده های Taillard با نمودار خطی..... ۱۲۷
شکل ۶-۸- نمایش توزیع یکنواخت گره های مساله در یک گراف..... ۱۳۰
شکل ۶-۹- نمایش توزیع خوشه بندی شدهء گره های مساله در یک گراف..... ۱۳۰

فهرست جداول

جدول ۳-۱- الگوریتم های ACO ۵۲
جدول ۶-۱- نتایج حاصل از اجرای TACO روی مجموعه داده های اول و سوم ۱۲۱
جدول ۶-۲- مقایسه بهترین نتایج حاصل از الگوریتمهای مطرح در حل CVRP با الگوریتم TACO ۱۲۳
جدول ۶-۳- نتایج حاصل از اجرای TACO روی مجموعه داده دوم ۱۲۶
جدول ۶-۴- درصد بهبود بهترین جوابهای الگوریتم ارائه شده در مقایسه با بهترین جوابهای حاصل در گذشته برای مجموعه داده های اول و سوم ۱۲۸
جدول ۶-۵- درصد بهبود بهترین جوابهای الگوریتم ارائه شده در مقایسه با بهترین جوابهای حاصل در گذشته برای مجموعه داده های دوم ۱۲۹

فصل اول

مقدمه

۱. مقدمه

مقدمه

در این فصل به بیان مفاهیم موردنیاز برای درک بهتر مساله مسیریابی وسیله نقلیه، تعریف رسمی مساله و معرفی مختصر بعضی از توسعه های معروف آن می پردازیم. آنگاه انواع روشهای اکتشافی یا مکاشفه‌ای[۱] موجود برای حل این مساله را معرفی خواهیم کرد. بدیهی است در مورد تمامی مفاهیم نام برده شده در این فصل، در فصل های آینده توضیحات کافی ارائه خواهد شد. برای مطالعه جزئیات هر یک از مطالب ذکر شده می توانید به بخشهای بعدی این پایان نامه مراجعه کنید. لذا در اینجا برای روشن شدن بحث، فقط به تعریف مفاهیم ضروری در اجمالی ترین شکل ممکن می پردازیم. لازم به ذکر است که برای مراجعه آسانتر، در پایان هر فصل، مراجع مربوط به آن فصل، گنجانده شده اند. به علاوه در انتهای پایان نامه نیز کلیهء مراجع یکبار دیگر برای حفظ ساختار پایان نامه، درج شده اند.

۱. ۱. ضرورت انجام پروژه

حمل و نقل کالاها، یکی از مسایل مهم در حوزه تهیه و توزیع[۲] کالاهاست، به همین جهت، یکی از وظایف اساسی شرکتهای بزرگ به شمار می رود. در بعضی بخشهای بازار، حمل و نقل باعث افزایش زیادی در ارزش افزوده کالاها می گردد تا جایی که توزیع کالا به طور متوسط حدود ۲۰٪ از هزینه کل تولید را تشکیل می دهد[Reimann 2004]. این به دلیل آن است که عمل انتقال، باید بین هر دو فرد از زنجیره عرضه کالا و همچنین بین این زنجیره و مشتریان نهایی صورت گیرد. بنابراین بهینه‌سازی روشهای کامپیوتری حمل‌ونقل، باعث صرفه جویی زیادی در قیمت تمام شده کالا می‌گردد[Toth 2001]. یک مساله اساسی در زمینه حمل و نقل، شامل تعریف مسیرهای بهینه برای ناوگانی از وسایل نقلیه است که به مجموعه ای از مشتریها خدمات بدهند تا بتوانند باعث صرفه جویی زیادی در قیمت تمام شده کالاها و رقابت در اقتصاد منطقه ای شوند. با این توصیفات، نیاز به پتانسیل قوی در زمینه مدیریت توزیع، هم برای تجار و هم محققان دانشگاهی کاملا شناخته شده است. به همین دلیل مساله تعیین مسیرهای کارا و بهینه‌سازی روشهای کامپیوتری حمل‌ونقل، برای محققین به یکی از مهم ترین مسایل در زمینه مسایل بهینه سازی ترکیبی[۳](CO) تبدیل شده است.

---

[۱] Heuristic

[۲] Logistics

[۳] Combinatorial Optimization Problems

به طور رسمی، بیشتر مسایل حوزه توزیع کالا می توانند به صورت مساله مسیریابی وسیله نقلیه[۱] (VRP) [Dantzig 1959] درنظر گرفته شوند که تعمیم مساله فروشنده دوره گرد[۲] است. این مساله مسیریابی، یکی از مسایل مهم در محدوده مسایل بهینه سازی ترکیبی است که روشهای مکاشفه‌ای زیادی برای حل آن ایجاد شده است. مساله مسیریابی وسیلهء پایه، شامل تعدادی مشتری است که هر یک به میزان خاصی کالا نیاز دارند که باید به آنها تحویل گردد. این وسایل نقلیه (که در این پایان نامه به اختصار وسایل نامیده می شوند)، مرتبا از یک انبار خارج شده و کالاهای مورد نیاز مشتریان را به آنها تحویل داده و مجددا به انبار برمی گردند. هر وسیله دارای ظرفیت وزنی محدودی است و ممکن است دارای محدودیت طول مسیر هم باشد. فقط یک وسیله مجاز است به هر مشتری خدمت رسانی کند. مساله، یافتن مجموعه ای از مسیرهاست که ضمن تامین محدودیتهای ذکر شده، فاصله طی شده توسط وسایل را کمینه کند[Baker 2003]. در عمل این کار معادل کمینه کردن کل فاصله طی شده یا کمینه کردن تعداد وسایل مورد استفاده و سپس کمینه کردن کل فاصله برای این تعداد وسیله است.

مساله VRP دارای چندین نسخه شامل مسایل مسیریابی وسیله ظرفیتی[۳] (CVRP)، مسیریابی وسیله با پنجره زمانی[۴] (VRPTW)، مسیریابی وسیله با چندین انبار[۵] (MDVRP)، مسیریابی وسیله احتمالی[۶] (SVRP)، مسیریابی وسیله وابسته به سایت[۷] (SDVRP) و مسیریابی وسیله باز[۸] (OVRP) است [Bodin 1983] و [Potvin 1996].

در CVRP کالاها باید روی مسیرهای با هزینه مینیمم، به مجموعه ای از مشتریها با نیازهای مشخص، تحویل گردند به نحوی که کلیه مسیرها از انبار شروع شده و در همین مکان به اتمام برسند. فرض مساله بر این است که وسایل، همگون[۹] (یکنواخت) (یعنی دارای ظرفیتهای یکسان) و دارای ظرفیت مشخص هستند. بعضی نسخه های CVRP دارای محدویت طولی هستند به این معنی که مسیرها باید از یک قانون حد طولی تبعیت کنند. پروژه حاضر این نسخه از VRP را مدنظر قرار داده است با توجه به این نکته که محدودیت اخیر برای آن درنظر

[۱] Vehicle Routing Problem
[۲] Traveling Salesman Problem
[۳] Capacitated VRP
[۴] VRP with Time Windows
[۵] Multi-Depot VRP
[۶] Stochastic VRP
[۷] Site-Dependent VRP
[۸] Open VRP
[۹] Homogeneous

گرفته نشده است. پس از معرفی اجمالی سایر نسخه های VRP به تعریف رسمی نسخهء CVRP خواهیم پرداخت.

VRPTW، با تناظر پنجره های زمانی به مشتریها، CVRP را توسعه می دهد. پنجره زمانی بازه ای را تعریف می کند که مشتری باید در طی آن بازه زمانی ملاقات شود. OVRP، بسیار شبیه CVRP است با این تفاوت که بعد از خدمت رسانی به آخرین مشتری مسیر، نیازی به برگشتن وسیله به انبار نیست. MDVRP، با مجاز دانستن چندین انبار، CVRP را توسعه می دهد. SDVRP، تعمیم دیگری از CVRP است که در آن امکان محدود کردن خدمت رسانی به مشتریان مشخص، توسط مجموعه خاصی از وسایل وجود دارد، به علاوه نیازی نیست که همه وسایل ظرفیت مشابهی داشته باشند. درCVRP، MDVRP و SDVRP هدف، کمینه کردن کل فاصلهء طی شده ولی در VRPTW و OVRP، اولویت اول، کمینه کردن تعداد وسایل و سپس کمینه سازی فاصله طی شده برای این تعداد وسیله است.

تعریف رسمی مساله CVRP

CVRP روی یک گراف بدون جهت کامل $G=(V, E)$ با یک مجموعه گره $V=\{0,1,\ldots,n\}$ و مجموعه یالهای E تعریف می شود. گره 0 یک انبار است که دارای m وسیله نقلیه با ظرفیت یکسان Q است. m می تواند یک عدد از پیش مشخص شده و یا یک متغیر تصمیم‌گیری باشد. هر گره دیگر بجز انبار، یک مشتری را با تقاضای q_i نشان می دهد و هر یال (i, j) دارای یک فاصله $d_{ij}=d_{ji}$ است.

مساله شامل تعیین مجموعه ای از m مسیر طی شده توسط وسایل، با کمترین مجموع هزینه است که هر مسیر از انبار شروع شده و در آن خاتمه یابد، هر مشتری دقیقا یکبار دیده شده و کل تقاضای اعطا شده توسط هر وسیله از میزان Q تجاوز نکند.

فرض کنیم R_1، ...، R_m یک تقسیم بندی روی مجموعه V باشد که مسیرهای مربوط به وسایل را برای خدمت رسانی به همه مشتریان نمایش می دهد. هزینه هر مسیر $R_i=\{v_0,v_1,\ldots,v_{k+1}\}$ که $v_j \in V$ و $v_0=v_{k+1}$ توسط فرمول زیر به دست می آید:

$$Cost(R_i)=\sum_{(k,j)\in R_i} d_{kj} \quad , i=1,2,\ldots,m \qquad (۱-۱)$$

هزینه راه حل مساله برابر است با مجموع هزینه کلیه مسیرها که از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\min \quad f(s)=\sum_{i=1}^{m} Cost(R_i) \qquad (۱-۲)$$

ضمنا از آنجا که هر مشتری باید دقیقا توسط یک وسیله ملاقات گردد، به محدودیت زیر باید همواره برقرار باشد:

$$\sum_{v_i \in R_j} q_i \le Q \quad , j = 1,2,..., m \qquad (۳-۱)$$

رویکردهای ارائه شده برای حل VRP

به دلیل طبیعت مساله VRP، استفاده از رویکردهای دقیق برای نمونه های بزرگ مساله، مناسب نیست زیرا VRP یک مساله NP-hard است و حل آن توسط روشهای دقیق به زمان نمایی نیاز دارد. بنابراین بیشتر رویکردهای ارائه شده برای حل این مساله، راه حل های تقریبی (روشهای مکاشفه ای) را پیشنهاد کرده اند.

اصولا روشهای مکاشفه‌ایِ حل VRP با توجه به [Kytöjokia 2007] به سه مقوله تقسیم می شوند: روشهای مکاشفه‌ای سازنده[۱]، روشهای مکاشفه‌ای بهبوددهنده[۲] و فرااکتشافات[۳]. بیشتر تلاشهای تحقیقاتی انجام شده در زمینه VRP بر توسعه انواع مختلف روشهای فرااکتشافی تمرکز دارند. از لحاظ تجربی نشان داده شده است که به طور کلی، روشهای مکاشفه‌ای بهبوددهنده تور، راه‌حلهایی با کیفیت بهتر نسبت به روشهای مکاشفه‌ای سازنده ایجاد می‌کنند. با این وجود هنوز برای ساخت راه حلهای اولیه برای روشهای مکاشفه‌ای بهبوددهنده به روشهای مکاشفه‌ای سازنده نیاز داریم.

روشهای مکاشفه‌ای سازنده، با انجام دنباله ای از عملیات ساده، مجموعه‌ای از راه حل های عملی را تولید می کنند که یک معیار معین را بهینه می کنند. مثالی از این رده از روشها شامل روشِ مکاشفه‌ای معروف savings است [Clarke 1964] که دو مسیر را با توجه به صرفه‌جویی ایجاد شده در هزینه، در یک مسیر واحد با هم ادغام می کند. مثال موفق دیگر از این دسته روشهای مکاشفه‌ای ، روش مکاشفه‌ای درج [Gillett 1974] است. مثالهای بیشتر که تحلیل پارامتری تعدادی از روشهای مکاشفه‌ای ساختاری را ارائه می کنند، شامل [Laporte 2000] و [Van Breedam 2002] است.

روشهای مکاشفه‌ای بهبوددهنده، یک راه حل عملی را با جایگزینی محلی مجموعه ای از یالها یا گره‌های مشتری، بهبود می بخشند. این عملیات محلی تا زمانیکه بهبودی در تابع هدف

[۱] Construction heuristics
[۲] Improvement heuristics
[۳] Metaheuristics