دانشکده مهندسی-گروه مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد
گرایش مهندسی صنایع-صنایع

عنوان:

مسأله فروشنده دورهگرد پوششدهنده در حالت چندماشینه

نگارش:

ایمان اکبری ضامنی

استاد راهنما:

دکتر مجید سالاری

استاد مشاور:

دکتر زهرا ناجی عظیمی

بهمن۹۱

بسم الله الرحمن الرحیم

بسمه تعالی

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی دانشجویان

دانشگاه فردوسی مشهد

عنوان رساله/پایان نامه: مسأله فروشنده دورهگرد پوششدهنده در حالت چندماشینه

نام نویسنده: ایمان اکبری ضامنی

نام استاد راهنما: دکتر مجید سالاری

نام استاد مشاور: دکتر زهرا ناجی عظیمی

دانشکده : مهندسی	**گروه: مهندسی صنایع**	**رشته تحصیلی: مهندسی صنایع- صنایع**
تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۱۱/۱۲		**تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۱۱/۱۲**
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد ● دکتری ○		**تعداد صفحات: ۵۳**

چکیده رساله/پایان نامه :

این پایاننامه به ارائه مسأله جهت چگونگی امدادرسانی به مناطق مختلف در شرایط بحران و مدلبندی آن میپردازد. هدف این مدل کمینه کردن هزینههای سفر به مناطق آسیبدیده توسط چند ماشین است . این مدل با توجه به میزان تقاضای هر منطقه، هزینههای بازدید نقاط مختلف، هزینه پوشش مناطق و ظرفیت ماشینها به تعیین مسیرهایی که هر ماشین باید طی کرده و مناطقی را که باید پوشش دهد، میپردازد تا تقاضای تمامی مناطق در کمترین زمان و با کمترین هزینه تأمین شود.

در این پایاننامه برای حل مسأله از روش ابتکاری برای بهدست آوردن جواب اولیه و نیز چند جستجوی محلی تکرارشونده برای بهبود جواب اولیه استفاده شده است. سپس با تحلیل رفتار چند پارامتر بهترین مقادیر را برای آنها به دست آورده و با اجرای الگوریتم طراحی شده بر روی دادههای اصلی مسأله، مقادیر آن را با جواب دقیق به دست آمده از نرمافزار CPLEX مقایسه کردهایم. در نهایت نیز با توجه به اینکه روش فراابتکاری تکرارشونده در زمان نسبتاً کمی به جوابهایی نزدیک به جواب بهینه مسأله رسیده است، به این نتیجه رسیدهایم که الگوریتم طراحی شده کارا است.

کلید واژه:

۱. مسأله فروشنده دورهگرد

۲. جستجوی محلی تکرارشونده

۳. مسأله حملونقل

امضای استاد راهنما:

تاریخ:

اظهارنامه

اینجانب ایمان اکبری ضامنی دانشجوی دوره دکتری/کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده رساله/پایان نامه مسأله فروشنده دورهگرد پوششدهنده در حالت چندماشینه تحت راهنمایی دکتر مجید سالاری متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این رساله/پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در رساله/پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه فردوسی مشهد » و یا « Ferdowsi University of Mashhad » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی رساله/پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله/ پایان نامه رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله/پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله/پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در رساله/پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

بسمه تعالی

دانشگاه فردوسی مشهد

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه آقای/خانم ..... دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته .....گرایش ..... در ساعت ..... روز ..... در محل ..... دانشکده ..... با حضور امضا کنندگان ذیل تشکیل گردید. پس از بررسی های لازم، هیأت داوران پایان نامه نامبرده را با نمره به عدد ....., به حروف ..... و با درجه ..... مورد تأیید قرار داد / نداد.

عنوان رساله

.....

هیئت داوران امضا

- **داور: دکتر .....**

  گروه ..... دانشگاه .....

- **نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر .....**

  گروه ..... دانشگاه .....

- **استاد راهنما: دکتر .....**

  گروه ..... دانشگاه .....

- **استاد مشاور: دکتر .....**

  گروه ..... دانشگاه .....

بسمه تعالی

Graduate Studies Thesis\Dissertation Information
Ferdowsi University of Mashhad

Title of Thesis\Dissertation: The multi- vehicle generalized covering salesman problem

Author: Iman Akbari Zameni
Supervisor(s): Dr. Majid Salari
Advisor(s): Dr. Zahra Naji Azimi

Faculty: Engineering	**Department: Industrial Engineering**	**Specialization: Industrial-Industrial**

Approval Date:1391/11/12	**Defense Date:1391/11/12**
M.Sc. ● **Ph.D.** ○	**Number of Pages:53**

Abstract:

This thesis presents a problem of how services are given in different areas in of crisis situation and the model of this problem. This model aims to minimize the cost of travel to the cities by several numbers of vehicles.
This model determines the distance that each vehicle travels and the areas that should be covered regarding the demand in each city, the cost of visiting different locations, the cost of areas coverage and the capacity of the machines to meet the demands of all areas in minimum time and with minimum cost.
In this thesis, to solve the problem, a heuristic method has been used to obtain the initial solution and also an iterated local search algorithm to improve the initial solution. Then obtained the best values of some parameters by analysis the behavior of some parameter. Then compare the algorithm solutions obtained by running the designed algorithm on the main data with the exact solution obtained by the CPLEX software. In the end, given that the iterative meta-heuristic method find the solutions nearly to the exact solution in a short time, we conclude that the designed algorithm is efficient.

Signature of Supervisor: **Date:**	**Key Words:** **1. Traveling salesman problem** **2. Iterated local search** **3. Vehicle routing problem**

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و پیشینه پژوهش **۱**

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ پیشینه پژوهش ۲

فصل دوم: مدلسازی **۸**

۲-۱ تعریف مسأله فروشنده دورهگرد پوششدهنده در حالت چندماشینه ۸

۲-۲ ارائه یک مدل ریاضی خطی برای مسأله فروشنده دورهگرد پوششدهنده در حالت چندماشینه ۹

فصل سوم: روش حل **۱۳**

۳-۱ الگوریتم تولید جواب اولیه شدنی ۱۵

۳-۲ جستجوی محلی ۱۸

۳-۲-۱ جابجایی نقاط ۱۸

۳-۲-۲ جابجایی دو یال ۲۲

۳-۲-۳ جابجایی مکان بازدید یک نقطه ۲۳

۳-۲-۴ الگوریتم آشفتگی ۲۵

فصل چهارم: تحلیل حساسیت و نتایج عددی ۲۷

۴-۱ طراحی داده ۲۷

۴-۲ تحلیل حساسیت پارامترهای مسأله ۲۹

۴-۲-۱ انتخاب مقادیر پارامترها بر اساس حداقل مقادیر میانگینها ۳۹

۴-۲-۲ انتخاب مقادیر پارامترها بر اساس بیشترین تعداد تکرار بهترین مقدار تابع هدف ۴۰

۴-۳ نتیجهگیری ۵۰

۴-۴ پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده ۵۱

مراجع ۵۲

فهرست جداول

جدول ۴-۱ تعیین سطوح پارامترهای مسأله ۲۹

جدول ۴-۲ تحلیل حساسیت داده T۲۰A ۳۰

جدول ۴-۳ تحلیل حساسیت داده T۲۰B ۳۰

جدول ۴-۴ تحلیل حساسیت داده T۲۰C ۳۱

جدول ۴-۵ تحلیل حساسیت داده T۳۰A ۳۱

جدول ۴-۶ تحلیل حساسیت داده T۳۰B ۳۲

جدول ۴-۷ تحلیل حساسیت داده T۳۰C ۳۲

جدول ۴-۸ تحلیل حساسیت داده T۵۰A ۳۳

جدول ۴-۹ تحلیل حساسیت داده T۵۰B ۳۳

جدول ۴-۱۰ تحلیل حساسیت داده T۵۰C ۳۴

جدول ۴-۱۱ تحلیل حساسیت داده T۱۰۰A ۳۴

جدول ۴-۱۲ تحلیل حساسیت داده T۱۰۰B ۳۵

جدول۴-۱۳ تحلیل حساسیت داده T۱۰۰C ۳۵

جدول ۴-۱۴ تحلیل حساسیت داده T۱۵۰A ۳۶

جدول ۴-۱۵ تحلیل حساسیت داده T۱۵۰B ۳۶

جدول ۴-۱۶ تحلیل حساسیت داده T۱۵۰C ۳۷

جدول ۴-۱۷ تحلیل حساسیت داده T۲۰۰A ۳۷

جدول ۴-۱۸ تحلیل حساسیت داده T۲۰۰B ۳۸

جدول ۴-۱۹ تحلیل حساسیت داده T۲۰۰C ۳۸

جدول ۴-۲۰ مقادیر میانگین کل ۳۹

جدول ۴-۲۱ تعیین کمترین مقدار میانگینها در هر داده ۴۰
جدول ۴-۲۲ تعداد تکرار کمترین مقدار میانگینها در ترکیب مقادیر پارامترها ۴۱
جدول ۴-۲۳ نتایج اجرای دادههای اصلی مسأله با مقیاس کوچک ۴۲
جدول ۴-۲۴ نتایج اجرای دادههای اصلی مسأله با مقیاس بزرگ ۴۳
جدول ۴-۲۵ بهترین نتایج اجرای دادههای اصلی مسأله با مقیاس بزرگ با مقادیر L متفاوت ۴۵
جدول ۴-۲۶ بدترین نتایج اجرای دادههای اصلی مسأله با مقیاس بزرگ با مقادیر L متفاوت ۴۶
جدول ۴-۲۷ متوسط نتایج اجرای دادههای اصلی مسأله با مقیاس بزرگ با مقادیر L متفاوت ۴۷
جدول ۴-۲۸ بهترین نتایج اجرای دادههای اصلی مسأله با مقیاس کوچک با مقادیر L متفاوت ۴۸
جدول ۴-۲۹ بدترین نتایج اجرای دادههای اصلی مسأله با مقیاس کوچک با مقادیر L متفاوت ۴۹
جدول ۴-۳۰ متوسط نتایج اجرای دادههای اصلی مسأله با مقیاس کوچک با مقادیر L متفاوت ۴۹

فهرست شکلها

شکل ۳-۱ مسیر اولیه تولید شده ۱۷

شکل ۳-۱-۱ نقاط انتخابی اول ۱۷

شکل ۳-۱-۲ تولید جواب موجه اولیه ۱۷

شکل ۳-۲ جابجایی نقاط بازدید شده توسط الگوریتم جابجایی نقاط ۱۹

شکل ۳-۲-۱ قبل از اجرای الگوریتم جابجایی نقاط ۱۹

شکل ۳-۲-۲ بعد از اجرای الگوریتم جابجایی نقاط ۱۹

شکل ۳-۳ الگوریتم جابجایی نقاط برای نقاط بین دو مسیر متفاوت ۱۹

شکل ۳-۳-۱ قبل از اجرای الگوریتم ۱۹

شکل ۳-۳-۲ بعد از اجرای الگوریتم ۱۹

شکل ۳-۴ جابجایی یک نقطه در مسیر با نقطهای که در مسیر قرار ندارد در الگوریتم جابجایی نقاط ۲۱

شکل ۳-۴-۱ قبل از جابجایی نقاط ۲۰

شکل ۳-۴-۲ جواب نشدنی بعد از جابجایی نقاط ۲۱

شکل ۳-۴-۳ رسیدن به جواب شدنی بهتر ۲۱

شکل ۳-۵ جابجایی نقاط در الگوریتم جابجایی دو یال ۲۲

شکل ۳-۵-۱ قبل از اجرای الگوریتم جابجایی دو یال ۲۲

شکل ۳-۵-۲ بعد از اجرای الگوریتم جابجایی دو یال ۲۲

شکل ۳-۶ نمایش نقاط جابجا شده در الگوریتم جابجایی دو یال ۲۲

شکل ۳-۷ جابجایی مکان بازدید یک نقطه از یک مسیر به مسیر دیگر ۲۳

شکل ۳-۷-۱ قبل از اجرای الگوریتم ۲۳

شکل ۳-۷-۲ بعد از اجرای الگوریتم ۲۳

شکل ۳-۸ ورود نقاط جدید بجای بازدید پیدرپی یک نقطه ۲۴

شکل ۴-۱ نمودار تغییرات مقادیر هزینه دادههای بزرگ نسبت به افزایش پارامتر L ۴۷

شکل ۴-۲ نمودار تغییرات مقادیر هزینه دادههای بزرگ نسبت به افزایش پارامتر L ۵۰

فصل اول

مقدمه و پیشینه پژوهش

۱ ۱ مقدمه

مسأله فروشنده دورهگرد[1] یکی از مسائل کلاسیک در زمینهی تحقیق در عملیات[2] میباشد. هدف این مسأله تعیین حداقل هزینه سفر به n شهر است، به گونهای که فروشنده سفر خود را از یک شهر بهعنوان مبدأ آغاز نماید و با عبور از تمام شهرها مجدداً به نقطه مبدأ بازگردد [۱]. وی در مسیر خود باید هر شهر را دقیقاً یکمرتبه ملاقات کند. در دههای اخیر محقّقان بهمنظور طرح مدلهای کاربردیتر، حالات گوناگونی از این مسأله را بررسی نمودهاند. افزایش تعداد فروشندگان، افزایش تعداد شهرهای مبدأ، در نظر گرفتن شهرهایی با تقاضاهای متفاوت و ... از جمله مفروضاتی هستند که این مسأله را به شرایط واقعی موجود نزدیکتر میسازند. با هر کدام از فرضیات مذکور، حالت جدیدی از این مسأله به دست میآید که در بخش بعد به تفصیل در مورد آنها و پیشینه پژوهششان بحث خواهد شد. در فصل دوم این پژوهش تعریفی از مسأله به همراه مدلبندی آن آورده شده است. در فصل سوم یک روش فراابتکاری برای حل

[1] The traveling salesman problem
[2] Operations research

مسأله مورد بحث قرار میگیرد. فصل چهارم دربرگیرنده نتایج محاسباتی الگوریتم ارائه شده میباشد و در نهایت پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ارائه شده است.

۲.۱ پیشینه پژوهش

مسأله فروشنده دورهگرد بر روی گراف جهتدار $G(N, A)$ که رأسهای آن در یک مجموعه از پیش تعیین شده $N = \{1, \dots, n\}$ قرار دارند تعریف میشود. این مسأله به دو نوع متقارن [۱] و نامتقارن [۲] تقسیم می‌گردد. در حالت متقارن گراف بدون جهت است. بدین معنی که اگر i و j دو نقطه از مجموعه N باشند، هزینه سفر از سمت نقطه i به سمت نقطه j برابر با هزینه سفر از سمت نقطه j به نقطه i میباشد. اما در حالت نامتقارن این دو هزینه میتوانند متفاوت باشند. مسأله فروشنده دورهگرد $NP-hard$ بوده [۲] و راههای مختلفی برای حل آن ارائه گردیده است. این روشها به دو نوع ابتکاری و دقیق تقسیمبندی می‌شوند. از جمله مقالاتی که در آن برای حل این مسأله از روش دقیق استفاده کردند میتوان به پادرگ و رینالدی [۳] اشاره کرد که در سال ۱۹۸۷ از روش صفحات برشی [۴] استفاده کردند [۳]. روش شاخه و کران [۵] نیز از روشهای دقیقی است که برای حل آن به کار گرفته شده است [۱]. لازم به ذکر است که روشهای دقیق تنها برای حل مسائل کوچک مناسب هستند.

از طرفی، روشهای ابتکاری برای حل مسائل بزرگ مناسب بوده و مقالات زیادی در این زمینه ارائه شده است. به عنوان مثال لین و کرنیگان [۶] به ارائه یک روش ابتکاری برای این مسأله پرداخته [۴] و کرکپاتریک و همکاران از تبرید تدریجی [۷] در حل مسأله فروشنده دورهگرد [۵] استفاده کردند. روشهای ابتکاری دیگری نیز برای حل این مسأله به کار رفته است که میتوان به روش جستجوی محدودکننده [۸] [۶] اشاره

[1] Symmetric
[2] Asymmetric
[3] Padherg and Rinaldi
[4] Cutting planes
[5] Branch and bound
[6] Lin and Kernighan
[7] Simulated annealing
[8] Tabu search

کرد. علاوه بر این، الگوریتمهایی بر اساس قاعده حریصانه [1] مانند نزدیکترین همسایگی [2] میتوانند به عنوان روشهای مؤثری برای این مسأله به کار روند [۷]. طی ۵۰ سال اخیر بالغ بر هزاران عنوان مقاله درباره مسأله فروشنده دورهگرد و انواع حالتهای آن ارائه شده است [۱۱-۸] .

حالت دیگری از این مسأله، مسأله فروشنده دورهگرد تعمیم یافته [3] است که در آن نیاز به بازدید تمامی نقاط نیست. این مسأله بر روی گراف جهتدار $G(N, A)$ تعریف میشود. رأسهای این گراف به چند زیرمجموعه $N = N_1 \cup N_2 \cup ... \cup N_n$ تقسیم میگردند، به گونهای که هرنقطه میتواند عضو یک یا چند زیرمجموعه باشد. همچنین باید در نظر داشت که یک نقطه نمیتواند عضو همه زیرمجموعهها باشد. هدف این مسأله، ساختن یک مسیر با کوتاهترین طول است، بهطوریکه از هر زیرمجموعه یک نقطه ملاقات گردد. به عبارتی دیگر، در این مسأله، تعیین نقطهای از هر زیرمجموعه که باید در مسیر قرار گیرد حائز اهمیت است[۱۲].

مسأله دیگری که دانتزیگ و رامسر [4] در سال ۱۹۵۹ ارائه کردند، مسأله مسیریابی وسیله نقلیه [5] نام داشت. در این مسأله، مقداری کالا در یک نقطه اولیه قرار داشته و تعدادی نقطه تقاضا نیز وجود دارند که به این کالا نیاز دارند. هدف این مسأله به دست آوردن کوتاهترین مسیر برای توزیع این کالا بین نقاط است که توسط وسیله نقلیه انجام میشود [۱۳]. این مسأله نیز با مفروضات متفاوتی مانند ظرفیتهای متفاوت برای وسایل نقلیه و یا در نظر گرفتن محدودیت زمانی برای رساندن کالا به مقصد و ... بررسی شده است[۱۴].

مسأله فروشنده دورهگرد پوششدهنده [6] حالتی توسعه یافته از مسأله فروشنده دورهگرد بوده که اولین بار توسط کارنت و شیلینگ [7][۱۵] ارائه گردید. در این مسأله، هدف بازدید زیرمجموعهای از نقاط اصلی شبکه بوده، به گونهای که هر کدام از نقاط ملاقات نشده باید در حداکثر فاصله داده شده S، از

[1] Greedy principles
[2] Nearest neighbour
[3] Generalized traveling salesman problem
[4] Dantzig and ramser
[5] Vehicle routing problem
[6] Covering salesman problem
[7] Current and Schilling

حداقل یکی از نقاط بازدید شده قرار داشته باشد [۱۵]. از جمله کاربردهای این مسأله میتوان به امداد - رسانی مناطق مختلف در شرایط بحران اشاره کرد. هدف این مسأله، تعیین مسیری با کوتاهترین طول با استفاده از زیر مجموعهای از نقاط بحرانزده میباشد. بدین ترتیب برای امداد رسانی در این شرایط نیاز نیست به همه نقاط سفر کرد. مسأله فروشنده دورهگرد حالت خاصی از مسأله فروشنده دورهگرد پوشش- دهنده میباشد به گونهای که اگر $S = 0$ (یا در حالت کلیتر $S < Min_{i,j}\{d_{ij}\}$ که d_{ij} کمترین فاصله بین نقاط i و j است)، مسأله فروشنده دورهگرد پوششدهنده به مسأله فروشنده دورهگرد کاهش مییابد چراکه هر شهر برای پوشش داده شدن باید بازدید شود.

مسأله دیگری که در این زمینه مطرح شده است، مسأله مسیر پوششدهنده است [۱]. در تعریف این مسأله فرض میکنیم گراف $G = (V \cup T \cup W, E)$ داده شده است. هدف از حل مسأله مسیر پوشش - دهنده به دستآوردن کوتاهترین مسیر ممکن بر روی زیرمجموعهای از نقاط V و تمامی نقاط مجموعه T میباشد. مسیر به دست آمده باید بهگونهای باشد که تمامی نقاط مجموعه W در یک فاصله از قبل تعیین شده S، از نقاط روی مسیر قرار داشته باشند [۱۶]. تفاوت این مسأله با مسأله فروشنده دورهگرد پوششدهنده این است که در مسأله مسیر پوششی بعضی از نقاطی که باید بازدید و یا پوشش داده شوند از قبل مشخص شدهاند. به عنوان مثال، مسأله میتواند قرار دادن صندوقهای پست در محلهای انتخاب شده باشد، با این شرط که تمامی افرادی که از آنها استفاده میکنند در فاصله منطقی از آنها قرار داشته باشند و هزینه جمعآوری بستههای پستی از صندوقها کمترین مقدار باشد [۱۷].

در سال ۲۰۰۰، هاچیچا و همکارانش [۲] مسأله مسیر پوششدهنده را در حالت چندماشینه [۳] بررسی کردند[۱۸]. تفاوت این مسأله با مسأله مسیر پوششدهنده در این است که این بار از چند وسیله نقلیه برای سفر به نقاط استفاده شده است. از این رو در نهایت جواب مسأله از چند مسیر تشکیل خواهد شد که همه آنها از یک نقطه اولیه آغاز شده و در نهایت نیز به همان نقطه بازمیگردند. هدف در این مسأله

[1] Covering tour problem
[2] Hachicha et al.
[3] The multi-vehicle covering tour problem

بهدستآوردن جوابی است که در آن مجموع طول مسیرهای طی شده توسط ماشینها حداقل شود.

هاچیچا و همکارانش در این مقاله محدودیتهایی را برای مسأله قرار دادند که به شرح زیر است:

۱. حداکثر m وسیله نقلیه جهت سرویسدهی مشتریان موجود میباشد.

۲. حداکثر تعداد نقاط بازدید شده در هر مسیر برابر C است.

۳. حداکثر طول هر مسیر برابر L است.

در تعریف هدف این پایاننامه به شرایط بحرانی اشاره میکنیم که مناطقی نیاز به امدادرسانی پیدا میکنند. اساسیترین نیاز برای ساکنین این مناطق میتواند دریافت کمک در کمترین زمان ممکن باشد. برای این کار مناطق را به چند زیرمجموعه تقسیم میکنیم، به طوری که افراد بتوانند نیازهای خود را از نزدیکترین کمپ در کمترین زمان دریافت کنند. بزرگترین مسأله در این حالت میتواند انتخاب بهترین مکان برای برپایی کمپها باشد، به گونهای که نیازهای افراد را در کمترین زمان تأمین نماید. در این پایاننامه نیز به دنبال تعیین این مکانها هستیم. محدودیتهایی را در این مسأله در نظر گرفتیم که میتوان از آن به عنوان جنبه نوآوری موضوع استفاده کرد. از جمله این محدودیتها میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. تقاضای موردنیاز هر منطقه توسط چند وسیله نقلیه تأمین میشود.

۲. مقدار تقاضا در نقاط مختلف متفاوت است.

۳. هر منطقه میتواند تعداد معینی از افراد را پوشش دهد.

۴. هر نقطه از مسیر میتواند چند بار توسط وسایل نقلیه بازدید شود. همچنین میتوان از یک مسیر چند بار عبور کرد.

۵. هر وسیله نقلیه تنها روی یک مسیر حرکت میکند و میتواند تقاضای تمامی نقاطی که در فاصله پوشش تعیین شده از نقطه بازدید شده قرار دارند را تأمین کند.

نوآوری این پژوهش در نظر گرفتن همزمان محدودیتهای فوق است که مسأله را به شرایط واقعی جامعه در وقوع بحران نزدیک میکند. بنابراین، در این مسأله تعدادی نقطه با تقاضاهای مختلف و

نیز تعدادی وسیله نقلیه با ظرفیتهای گوناگون داریم. هدف از حل مسأله به دست آوردن جوابی است که شامل چند مسیر میباشد. حداکثر تعداد این مسیرها باید به اندازه تعداد وسایل نقلیه باشد که از قبل مشخص شده است. چون هر کدام از وسایل نقلیه حداکثر میتواند به یک مسیر تخصیص یابد. یعنی هر کدام از وسایل نقلیه در صورت نیاز از شهر مبدأ مسیر خود را آغاز میکند و پس از بازدید و پوشش دادن تعدادی از شهرها به شهر مبدأ بازمیگردد. این مسیرها باید به گونهای تعیین شوند که مجموع هزینههای کل به حداقل مقدار خود برسد. با توجه به متفاوت بودن مقادیر تقاضای نقاط، هر نقطه میتواند بیش از یک بار بازدید شود. حال بازدید تکراری نقاط میتواند به شکل پی - درپی و یا با فاصله انجام شود. بنابراین هزینههای مسیر به دو قسمت تقسیم میشود:

۱. هزینه سفر از نقطه i به نقطه j که با $c(i,j)$ نشان داده میشود و فاصله اقلیدسی بین نقاط است.
۲. هزینه بازدید هر نقطه i که هزینه ثابتی برابر با F_i میباشدکه به تعداد دفعات بازدید هر نقطه این هزینه در نظر گرفته میشود.

از آنجا که هدف اصلی این مسأله تأمین تقاضای شهرها در کوتاهترین زمان است، میتوان هزینههای فوق را برحسب زمان در نظر گرفت. یعنی $c(i,j)$ را زمان سفر از نقطه i به نقطه j و F_i را مدت زمان ماندن در شهر i در نظر میگیریم.

هر وسیله نقلیه در طول مسیر خود باید بتواند تقاضای بعضی نقاط را برآورده کند. بهطوریکه در مجموع تقاضای تمامی نقاط توسط وسایل نقلیه موجود در مسأله تأمین شود. هر وسیله نقلیه در بازدید هر نقطه میتواند یک واحد از تقاضای آن نقطه و نیز نقاطی که در فاصله پوششی از پیش تعیین شده S از آن نقطه قرار دارند را تأمین کند.

در این پایاننامه برای حل این مسأله ابتدا از مدلبندی ریاضی و اجرای آن توسط نرمافزار CPLEX12.3 استفاده شد [۱۹]. با توجه به زمان بالای حل مسأله با این روش، از یک الگوریتم فراابتکاری استفاده کرده و در نهایت نیز کارایی الگوریتم نشان داده شده است.

فصل دوم

مدلسازی

۲-۱ تعریف مسأله فروشنده دورهگرد پوشش دهنده در حالت چند ماشینه

در این مسأله تعدادی نقاط با تقاضاهای مختلف داده شده است که هدف، برآورده کردن این تقاضاها توسط چند وسیله نقلیه با ظرفیتهای متفاوت میباشد. تقاضای هر نقطه به دو صورت میتواند تأمین شود:

۱. با ملاقات شدن

۲. با پوشش داده شدن توسط یکی از نقاط بازدید شده.

هدف اصلی حل مسأله، تأمین تقاضای نقاط در کمترین زمان است. برای این کار تابع هدف مسأله را کمینه کردن مجموع هزینههای سفر به نقاط توسط هر ماشین در نظر میگیریم. منظور از هزینه در اینجا فاصله بین نقاط است که با ماتریس $C = [c_{ij}]$ نمایش داده میشود. علاوه بر هزینه

بازدید مستقیم، هزینه دیگری نیز در مسیر وجود دارد که باید آن را در نظر گرفت. از آنجا که تقاضای بعضی از نقاط بیشتر از یک واحد میباشد، ماشینها در سفر به بعضی از نقاط ناچارند زمان بیشتری را برای تأمین تقاضای نقاط تحت پوشش آن صرف نمایند، که مقدار آن برای هر نقطه i با F_i نشان داده میشود. هر ماشین با سفر به یک نقطه میتواند یک واحد از تقاضای آن نقطه و نیز نقاط تحت پوشش آن را تأمین کند. منظور از نقاط تحت پوشش، نقاطی هستند که در فاصله از پیش تعیین شده S از نقاطی که در مسیر قرار دارند واقع شده باشند. در این مسأله برای تعیین نقاط تحت پوشش هر نقطه ماتریس $A = [a_{ij}]$ را تعریف میکنیم. درایههای این ماتریس اعداد صفر و یک هستند. به گونهای که اگر نقطه i توسط نقطه j پوشش داده شود مقدار a_{ij} برابر یک و در غیر اینصورت صفر در نظر گرفته میشود.

۲-۲ ارائه یک مدل ریاضی خطی برای مسأله فروشنده دورهگرد پوششدهنده در حالت چندماشینه

به فرض، گراف بدون جهت $G = (N, E)$ داده شده است که در آن $N = \{1,2, \dots, n\}$ مجموعه نقاط و $E = \{\{i,j\} | i,j \in N\}$ مجموعه یالهای آن میباشند. در مجموعه N، نقطه اولیه ۱ به عنوان نقطه شروع در نظر گرفته میشود. یعنی نقطهای که تمامی وسایل نقلیه مسیر خود را از آنجا آغاز کرده و در نهایت نیز به همین نقطه بازمیگردند. باید به این نکته نیز توجه کرد که نقطه شروع تقاضایی ندارد. برای راحتی و نیز تعمیم دادن مسأله به حالت نامتقارن، این گراف را به گراف جهتدار تبدیل میکنیم. بدین ترتیب که مجموعه یالهای E را با مجموعه کمانهای جهتدار $A = \{(i,j) | i,j \in N\}$ جایگزین می‌کنیم. یعنی اگر i و j دو نقطه از مجموعه N باشند، بجای یال $\{i,j\}$ کمانهای $\{(i,j),(j,i)\}$ قرار می‌گیرند. مجموعه $M = \{1,2, \dots, m\}$ مجموعه وسایل نقلیه موجود میباشد. پارامترهای مسأله بصورت زیر تعریف میشود:

$$a_{ij} = \begin{cases} ۱ & \text{اگر نقطه } j \text{، نقطه } i \text{ را پوشش دهد} \\ ۰ & \text{در غیر اینصورت،} \end{cases}$$