

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شاهرود

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

عنوان پایان نامه :

ارائه مسأله تور پوششی با بیشینه پشتیبانی تخصیص یافته و حل آن با

استفاده از الگوریتم NSGA II

استاد راهنما: دکتر راشد صحرائیان

نگارش: علی ابراهیمی درچه

زمستان ۱۳۹۰

تقدیم بہ

مادر عزیزم و تمامی کسانی کہ دوستشان می دارم.

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از زحمات کلیه کسانی که در طول انجام این پایان نامه مرا یاری نموده‌اند، تشکر و سپاسگذاری نمایم. از استاد راهنمای خود جناب آقای دکتر صحرائیان به دلیل صبر، زحمات و راهنمایی‌هایشان در طول انجام این پایان نامه، کمال تشکر را دارم. همچنین از جناب آقای دکتر بشیری به دلیل راهنمایی‌های بی دریغ و ارزشمندشان بی نهایت سپاس گذارم.

در آخر از زحمات خانواده عزیزم که در طول مدت تحصیل همواره مشوق، حامی و راهنمای من بوده‌اند، تشکر و قدردانی ویژه می‌نمایم و از خداوند متعال سلامتی و سربلندی آن‌ها را خواستارم.

چکیده

در این پایان نامه مدل مسأله تور پوششی¹ که جهت مسیریابی تیم‌های خدمات پزشکی سیار در کشورهای در حال توسعه به کار می‌رود، توسعه داده شده و مسأله جدیدی تحت عنوان مسأله تور پوششی با بیشینه پشتیبانی تخصیص یافته² ارائه می‌گردد. هدف مسأله تور پوششی در این کاربرد، یافتن کوتاه‌ترین دور همیلتونی³ روی زیر مجموعه‌ای از نقاط کاندید توقف تیم‌های سیار است به گونه‌ای که تمامی نقاط متقاضی این خدمات، در یک فاصله از پیش تعیین شده از نقاط توقف قرار گیرند (به عبارت دیگر با این نقاط پوشش یابند). در مسأله ارائه شده، ماکزیمم سازی پوشش پشتیبانی⁴ به منظور افزایش امنیت خاطر متقاضیان از دسترسی به بیش از یک نقطه توقف، خواه در شعاع اول یا در شعاع دوم پوشش، به مدل مسأله تور پوششی افزوده شده است. علاوه بر این، مسأله مکان یابی-تخصیص⁵ با هدف مینیمم سازی کل مسافت طی شده ی متقاضیان تا نقاط توقف تیم‌های سیار و همچنین از پیش تعیین نمودن زمان توقف وسیله نقلیه در هر نقطه، با مدل تعمیم یافته ترکیب شده و این مدل را کامل تر و اثربخش تر می‌نماید. دو هدف اخیر شاخص های سطح خدمت در مسأله ارائه شده، هستند. در ضمن، بر مبنای مدل جدید، مسیر تیم سیار به گونه‌ای طراحی می‌شود که کل هزینه ثابت و متغیر تأسیس کلینیک ها در شهرهای محل توقف را مینیمم کند که این مهم با افزودن یک تابع هدف به مدل تعمیمی تحقق می‌یابد. مدل نهایی، چند هدفه بوده و لذا برای حل دقیق آن و تعیین مجموعه بهینه-پارتوی مرجع⁶، یک روش قوی و کلاسیک تصمیم گیری چند هدفه⁷ در ابعاد کوچک مسأله استفاده می‌شود. از آنجایی که مسأله تور پوششی یک مسأله NP-hard است جهت حل ابعاد بزرگ تر آن و ارائه یک مجموعه نامغلوب⁸ قابل قبول، از یک الگوریتم تکاملی چند هدفه⁹ فراابتکاری با عنوان الگوریتم ژنتیک مبتنی بر مرتب سازی نامغلوب سریع نخبه گرا¹⁰ استفاده می‌شود. الگوریتم فراابتکاری شبیه سازی تبرید¹¹ نیز در بستر الگوریتم جهت حل سریع تر قسمتی از مدل به کار گرفته خواهد شد. نتایج محاسبات روی داده‌های تصادفی تولید شده نشان از صحت فرآیند مدل سازی و کارایی الگوریتم ارائه شده دارد.

واژه‌های کلیدی: مسأله تور پوششی، پوشش پشتیبانی، مکان یابی-تخصیص، تصمیم گیری چندهدفه، الگوریتم ژنتیک مبتنی بر مرتب سازی نامغلوب سریع نخبه گرا، الگوریتم شبیه سازی تبرید

¹ Covering Tour Problem(CTP)

² The Allocated Maximal Backup Covering Tour Problem(AMBCTP)

³ Hamiltonian cycle

⁴ Backup coverage

⁵ Location-allocation Problem

⁶ Reference Pareto-optimal Set

⁷ Multi-objective Decision Making(MODM)

⁸ Non-dominated set

⁹ Multi-objective Evolutionary Algorithm(MOEA)

¹⁰ Fast and Elitist Non-dominated Sorting Genetic Algorithm(NSGA II)

¹¹ Simulated Annealing (SA)Algorithm

ت	چکیده	.....
د	فهرست شکل ها	.....
ر	فهرست جداول	.....

فصل اول

۱	۱- کلیات تحقیق	.....
۱	۱-۱ مقدمه	.....
۱	۲-۱ تعریف مسأله	.....
۳	۳-۱ ضرورت تحقیق	.....
۴	۴-۱ اهداف مطالعه	.....
۴	۵-۱ آرایش کلی گزارش	.....
۴	۶-۱ خلاصه فصل اول	.....

فصل دوم

۶	۲- ادبیات موضوع	.....
۶	۱-۲ مقدمه	.....
۷	۲-۲ مسأله تور پوششی	.....
۷	۱-۲-۲ مفهوم مسأله تور پوششی	.....
۷	۱-۲-۲-۱ مفهوم مسأله تور پوششی در غالب یک کاربرد	.....
۸	۲-۲-۲-۱ سایر کاربردها	.....
۸	۲-۲-۲ تعریف ریاضی مسأله تور پوششی	.....
۹	۱-۲-۲-۲ ارتباط مسأله تور پوششی و مسأله فروشنده دوره گرد	.....
۱۰	۳-۲-۲ مدل برنامه ریزی ریاضی مسأله تور پوششی	.....
۱۱	۴-۲-۲ اجزاء تشکیل دهنده مسأله تور پوششی	.....
۱۱	۱-۴-۲-۲ مسأله فروشنده دوره گرد	.....
۱۳	۲-۴-۲-۲ مسأله پوشش مجموعه	.....
۱۳	۱-۲-۴-۲-۲ انتقال مفهوم مسأله پوشش مجموعه به مسأله تور پوششی	.....
۱۵	۳-۲ مروری بر پژوهش های پیشین	.....
۱۵	۱-۳-۲ مسأله فروشنده پوششی	.....
۱۷	۱-۱-۳-۲ مدل دو هدفه مسأله فروشنده پوششی	.....
۱۸	۲-۳-۲ مسأله تور پوششی ماکزیمم	.....

۲۰	.....نوع دو کالایی مسأله تور پوششی.....۳-۳-۲
۲۱	.....مسأله تور پوششی چند وسیله‌ای.....۴-۳-۲
۲۳	.....مسأله تور پوششی دو هدفه.....۵-۳-۲
۲۴	.....مسأله تور پوششی عمومی.....۶-۳-۲
۲۵	.....روش‌های حل مسأله تور پوششی.....۷-۳-۲
۲۵	.....روش‌های دقیق.....۱-۷-۳-۲
۲۵	.....روش‌های ابتکاری.....۲-۷-۳-۲
۲۵	.....روش‌های فراابتکاری.....۳-۷-۳-۲
۲۵	.....جمع بندی.....۸-۳-۲
۲۹	.....مسأله پوشش پشتیبانی.....۹-۳-۲
۳۱	.....مسأله مکان یابی-تخصیص.....۱۰-۳-۲
۳۱	.....مدل عمومی مسأله مکان یابی-تخصیص با امکان پوشش هر مشتری تنها با یک تسهیل.....۱-۱۰-۳-۲
۳۲	.....خلاصه فصل.....۴-۲

فصل سوم

۳۴	.....ارائه مدل پیشنهادی، روش‌های حل دقیق و فراابتکاری.....۳-۳-۳
۳۴	.....مقدمه.....۱-۳-۳
۳۴	.....مدل پیشنهادی.....۲-۳-۳
۳۵	.....تعریف مسأله.....۱-۲-۳-۳
۳۶	.....تعریف ریاضی مسأله.....۲-۲-۳-۳
۳۷	.....مدل برنامه ریزی ریاضی <i>AMBCTP</i>.....۳-۲-۳
۴۰	.....خروجی <i>AMBCTP</i>.....۴-۲-۳
۴۰	.....حل مدل.....۳-۳-۳
۴۰	.....مقدمه.....۱-۳-۳
۴۱	.....تعریف بهینه یابی.....۲-۳-۳
۴۱	.....اصول بهینه یابی چند هدفه.....۱-۲-۳-۳
۴۱	.....جواب‌های بهینه-پارتو.....۱-۱-۲-۳-۳
۴۲	.....مجموعه مغلوب و نامغلوب.....۲-۱-۲-۳-۳
۴۲	.....مفهوم غلبه.....۳-۱-۲-۳-۳
۴۲	.....بهینگی پارتو.....۴-۱-۲-۳-۳
۴۲	.....یافتن مجموعه نامغلوب.....۵-۱-۲-۳-۳
۴۳	.....مرتب سازی مجموعه نامغلوب.....۶-۱-۲-۳-۳
۴۳	.....اهداف بهینه یابی چند هدفه.....۲-۲-۳-۳
۴۳	.....رویکردهای بهینه یابی چند هدفه.....۳-۲-۳-۳
۴۵	.....رویکرد حل دقیق مدل.....۳-۳-۳

۴۶	..... ۴-۳-۳ رویکرد حل فراابتکاری مدل
۴۶	..... ۱-۴-۳-۳ محاسبات تکاملی
۴۸	..... ۲-۴-۳-۳ پیدایش الگوریتم ژنتیک
۴۸	..... ۳-۴-۳-۳ پیشینه بیولوژیکی الگوریتم ژنتیک
۵۰	..... ۴-۴-۳-۳ الگوریتم ژنتیک ساده
۵۳	..... ۵-۴-۳-۳ بهینه یابی چند هدفه با استفاده از الگوریتم ژنتیک
۵۵	..... ۱-۵-۴-۳-۳ الگوریتم ژنتیک مبتنی بر مرتب سازی نامغلوب <i>NSGA</i>
۵۶	..... ۲-۵-۴-۳-۳ الگوریتم ژنتیک مبتنی بر مرتب سازی نامغلوب سریع نخبه گرا : <i>NSGA II</i>
۶۱	..... ۶-۴-۳-۳ الگوریتم شبیه سازی تبرید (<i>SA</i>)
۶۲	..... ۱-۶-۴-۳-۳ فرآیند فیزیکی <i>SA</i>
۶۲	..... ۲-۶-۴-۳-۳ پارامترهای الگوریتم <i>SA</i>
۶۳	..... ۳-۶-۴-۳-۳ الگوریتم <i>SA</i>
۶۴	..... ۷-۴-۳-۳ طراحی الگوریتم ترکیبی <i>NSGA II</i> و <i>SA</i>
۶۶	..... ۱-۷-۴-۳-۳ طراحی پارامترهای الگوریتم <i>NSGA II</i>
۶۸	..... ۲-۷-۴-۳-۳ طراحی پارامترهای الگوریتم <i>SA</i>
۶۹	..... ۴-۳ خلاصه فصل

فصل چهارم

۷۱	..... ۴- آزمایش های محاسباتی و آنالیز نتایج
۷۱	..... ۱-۴ مقدمه
۷۱	..... ۲-۴ تولید داده های تصادفی
۷۲	..... ۳-۴ اجرای روش <i>GC</i> روی نمونه ۳۳-۳۳-۳۲ <i>CTP</i>
۷۷	..... ۱-۳-۴ تحلیل جدول ۶-۴
۸۲	..... ۴-۴ اجرای الگوریتم ترکیبی <i>NSGA II</i> و <i>SA</i> روی نمونه ۳۳-۳۳-۳۲ <i>CTP</i>
۸۳	..... ۵-۴ ارزیابی عملکرد الگوریتم ترکیبی <i>NSGA II</i> و <i>SA</i>
۸۴	..... ۱-۵-۴ معیار همگرایی
۸۵	..... ۱-۱-۵-۴ ارزیابی همگرایی برای نمونه ۳۳-۳۳-۳۲ <i>ctp</i>
۸۶	..... ۲-۵-۴ معیار پراکندگی
۸۷	..... ۱-۲-۵-۴ ارزیابی پراکندگی برای نمونه ۳۳-۳۳-۳۲ <i>ctp</i>
۹۱	..... ۶-۴ اجرای روش <i>GC</i> و الگوریتم ترکیبی <i>NSGA II</i> و <i>SA</i> روی سایر نمونه ها
۹۲	..... ۱-۶-۴ تحلیل تأثیر اندازه <i>T</i> روی مقادیر توابع هدف و تلاش محاسباتی
۹۳	..... ۷-۴ خلاصه فصل

فصل پنجم

۹۵ ۵- نتیجه گیری و پیشنهادات آتی
----	-------------------------------------

۹۵	۱-۵ نتیجه گیری.....
۹۶	۲-۵ پیشنهادات آتی.....
۹۷	۶- منابع.....
۱۰۰	۷- ضمائم.....
۱۰۰	۱-۷ ضمیمه ۱.....
۱۰۲	۲-۷ ضمیمه ۲.....
۱۱۱	واژه نامه انگلیسی به فارسی.....
۱۱۴	چکیده لاتین.....

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۲	شکل ۱-۱. مثالی از یک راه حل برای مسأله تور پوششی
۷	شکل ۱-۲. مثالی از یک راه حل برای مسأله تور پوششی
۹	شکل ۲-۲. یک حل شدنی برای مسأله تور پوششی
۱۰	شکل ۳-۲. کاهش مسأله تور پوششی به مسأله فروشنده دوره گرد
۱۲	شکل ۴-۲. تور بهینه برای ۵۳۲ شهر ایالات متحده
۱۵	شکل ۵-۲. یک راه حل برای فروشنده پوششی با ۲۱ شهر
۱۹	شکل ۶-۲. مثالی از یک مسأله تور پوششی ماکزیمم
۲۰	شکل ۷-۲. یک تور شدنی برای مسأله تور پوششی دو کالایی
۲۲	شکل ۸-۲. یک حل شدنی برای $M-CTP$ با $P=5$
۲۸	شکل ۹-۲. شمایی از نحوه توسعه مدل در دو دهه اخیر
۲۸	شکل ۱۰-۲. فراوانی مقالات منتشره به تفکیک سال
۲۹	شکل ۱۱-۲. نسبت روش‌های استفاده شده برای حل خانواده مسأله تور پوششی
۲۹	شکل ۱۲-۲. درصد فعالیت‌ها از نظر نوع گراف
۳۷	شکل ۱-۳. نمایی از یک $AMBCTP$
۳۷	شکل ۲-۳. نمایی از یک حل شدنی $AMBCTP$
۴۴	شکل ۳-۳. نمایه یک رویه بهینه یابی چند هدفه مبتنی بر ارجحیت
۴۵	شکل ۴-۳. نمایه یک رویه بهینه یابی چند هدفه ایده آل
۴۹	شکل ۵-۳. مقایسه ژنوتیپ و فنوتیپ
۴۹	شکل ۶-۳. رابطه بین ژنوتیپ و فنوتیپ
۵۳	شکل ۷-۳. فلوچارت الگوریتم ژنتیک
۵۷	شکل ۸-۳. نمایی از نحوه عملکرد $NSGA II$
۶۰	شکل ۹-۳. فلوچارت الگوریتم $NSGA II$
۶۱	شکل ۱۰-۳. محاسبه فاصله از دحام
۶۵	شکل ۱۱-۳. فلوچارت الگوریتم SA
۶۶	شکل ۱۲-۳. نمایی از الگوریتم ترکیبی $NSGA II$ و SA
۶۷	شکل ۱۳-۳. نمایی از یک کروموزوم با ۱۰ شهر
۶۹	شکل ۱۴-۳. نمایش یک راه حل با ۷ شهر
۷۹	شکل ۱-۴. شماتیکی از $AMBCTP$ برای جواب ۱ از جدول ۶.۴
۸۱	شکل ۲-۴. نمودارهای مربوط به داده‌های جدول ۶-۴
۸۸	شکل ۳-۴. نمودارهای دو بعدی داده‌های جدول ۹.۴
۸۹	شکل ۴-۴. نمودارهای سه بعدی برای داده‌های جدول ۹-۴
۹۰	شکل ۵-۴. نمودار مسیر ارزش برای داده‌های جدول ۷-۴

شکل ۶-۴ نمودارهای بررسی تأثیر اندازه T روی مقادیر توابع هدف ۹۲

شکل ۷-۴ تأثیر اندازه T بر زمان اجرای دو الگوریتم ۹۳

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲. لیست مقالات منتشره در حوزه مسأله تور پوششی در ادبیات موضوع	۲۶
جدول ۱-۳. مقایسه بین اصطلاحات رایج در الگوریتم ژنتیک و تکامل طبیعی	۵۰
جدول ۲-۳. مقایسه بین یک سیستم فیزیکی با یک مسأله و الگوریتم بهینه یابی	۶۲
جدول ۳-۳. پارامترهای الگوریتم SA	۶۸
جدول ۱-۴. بردارهای ارجحیت تصادفی	۷۳
جدول ۲-۴. ماتریس فاصله اقلیدسی بین شهرها: C_{ij}	۷۳
جدول ۳-۴. ماتریس فاصله اقلیدسی بین نقاط تقاضا و شهرها: $D = d_{lk}$	۷۴
جدول ۴-۴. مجموعه های S_i و S'_i	۷۵
جدول ۵-۴. مقدار بهینه توابع هدف چهارگانه	۷۵
جدول ۶-۴. خروجی نرم افزار برای نمونه ۳۳-۳۳-۳۲- CTP با استفاده از روش GC بر اساس بردارهای ارجحیت	۷۷
جدول ۷-۴. نحوه تخصیص متقاضیان به شهرهای ویزیت شده برای جواب های جدول ۴-۶	۷۸
جدول ۸-۴. مقادیر متغیر X_{ij} برای جواب شماره ۱ از جدول ۴-۶	۸۰
جدول ۹-۴. خروجی نرم افزار $MATLAB$ از اجرای الگوریتم ترکیبی $NSGA II$ و SA	۸۲
جدول ۱۰-۴. نحوه تخصیص متقاضیان به شهرهای ویزیت شده برای جواب های جدول ۴-۹	۸۳
جدول ۱۱-۴. اطلاعات مربوط به ارزیابی همگرایی نمونه ۳۳-۳۳-۳۲- CTP	۸۵
جدول ۱۲-۴. مقایسه حدود جوابهای مجموعه نامغلوب بدست آمده و مجموعه بهینه-پارتوی مرجع	۸۷
جدول ۱۳-۴. نتایج اجرای روش GC و الگوریتم ترکیبی $NSGA II$ و SA روی سایر نمونه ها	۹۱

فصل اول

کلیات تحقیق

۱- کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

جهانی شدن اقتصاد، رشد پویایی بازارهای جهانی و نیازمندی‌های مشتریان و همچنین توسعه سریع اقتصادهای آسیایی، مقوله لجستیک و هزینه‌های مربوط به آن را به عنوان یکی از مسائل مهم اقتصادی کاملاً جدید مطرح نموده است. از طرف دیگر، مسأله حمل و نقل به عنوان یکی از بخش‌های لجستیکی به علت اهمیت فزاینده‌ی آن در اقتصاد کشورها باعث مالکیت دولتی شرکت‌های متصدی آن به خصوص در کشورهای جهان سوم و در حال توسعه شده است. از جمله این شرکت‌ها، شرکت‌های پستی و سازمان‌های توزیع کننده خدمات سلامت بدون سود در این کشورها است که به علت برخی نارسایی‌ها در این کشورها، خدمات پزشکی به صورت سیار به خصوص در بخش روستایی آن ارائه می‌شود (کیوبیک^۱، ۲۰۰۷).

در سال ۱۹۹۷ میلادی ژندریو^۲ و همکارانش مسأله تور پوششی را جهت مسیریابی تیم‌های خدمات پزشکی و همچنین سایر زمینه‌های مشابه نظیر خدمات پستی ارائه نمودند. البته در سال‌های پیش از آن نیز محققان به بررسی کارهای مشابهی در زمینه طراحی شبکه‌های توزیع پرداخته بودند که از نظر مفهوم و شکل مدل قرابت زیادی با مسأله تور پوششی داشت.

در این تحقیق تلاش شده است که مسأله تور پوششی به شکل دقیق و کاملی از نظر مفهوم، کاربردها، مدل ریاضی و اجزاء تشکیل دهنده آن مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور مطالعات جامعی در بهترین انتشارات علمی و مراکز اطلاع رسانی پژوهشی انجام شد و در نهایت با توجه به پیشنهادات تحقیقات آتی در برخی مقالات و همچنین فضای خالی تحقیقاتی مشاهده شده، موضوع این تحقیق با عنوان توسعه مسأله تور پوششی با هدف ارائه مدلی کامل‌تر و موثرتر مبتنی بر ماکزیمم سازی پوشش پشتیبانی و مسأله مکان یابی-تخصیص تعریف گردید. مسأله تور پوششی یک مسأله چندهدفه و $NP-hard$ است و لذا پرداختن به یک رویکرد حل فراابتکاری برای مدل تعمیم یافته، در کنار یک روش بهینه یابی چند هدفه دقیق، از ضروریات این تحقیق خواهد بود. بنابراین یک الگوریتم ترکیبی متشکل از یک الگوریتم تکاملی چند هدفه با عنوان الگوریتم ژنتیک مبتنی بر مرتب سازی نامغلوب سریع نخبه گرا ($NSGA II$) و الگوریتم شبیه سازی تبرید (SA)، جهت حل مدل ارائه می‌شود و بدین ترتیب یکی از نقاط قوت و شایان ذکر این تحقیق رقم خواهد خورد. در ادامه مسأله تعریف شده و سپس ضرورت تحقیق مسأله پیشنهادی بیان می‌گردد. در نهایت اهداف کلی تحقیق مختصراً تشریح و آرایش کلی تحقیق ترسیم می‌گردد و در انتها خلاصه فصل حاضر ارائه می‌شود.

۱-۲ تعریف مسأله

مسأله تور پوششی تعمیمی از مسأله معروف و پرکاربرد فروشنده دوره گرد^۳ است. به عبارت دقیق‌تر این مسأله ترکیبی از مسأله فروشنده دوره گرد و مسأله پوشش مجموعه^۴ است. مسأله تور پوششی در مجموعه مسائل لجستیک و به خصوص حمل و نقل دسته بندی می‌شود که می‌تواند در حل مشکلات دنیای واقعی به کار گرفته شود. برای درک مسأله، مجموعه معینی از رئوس (شهرها) را در نظر بگیرید که بایستی ویزیت شوند. علاوه بر این رأس‌هایی وجود دارند که

¹ Kubik

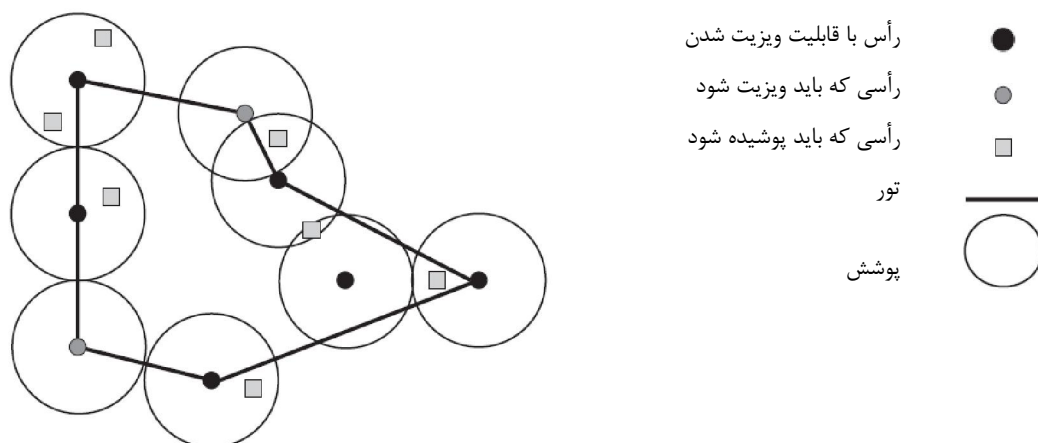
² Gendreau

³ Traveling Salesman Problem(TSP)

⁴ Set Covering Problem(SCP)

می‌توانند جهت ویزیت شدن انتخاب شوند. مجموعه سومی از رئوس نیز موجودند که ممکن است ویزیت نشوند اما بایستی حداقل بوسیله یک شهر ویزیت شده تحت پوشش قرار گیرند. منظور از پوشش این است که یک رأس در یک فاصله از پیش تعیین شده‌ای نسبت به یک شهر ویزیت شده قرار گیرد. هدف در اینجا عبارتست از یافتن کوتاه‌ترین توری که از مجموعه‌ای از رئوس گذشته و مقاصد پوشش و ویزیتینگ را به طور کامل ارضاء نماید. شکل ۱-۱ به خوبی نمایی گرافیکی از این مسأله را نشان می‌دهد.

همانطور که در بخش مقدمه اشاره شد مسأله تورپوششی دارای کاربردهای وسیعی در حوزه طراحی شبکه‌های توزیع است (مانیزو^۱ و همکاران، ۱۹۹۹). از جمله این کاربردها می‌توان به طراحی شبکه‌های حمل و نقل دو سطحی اشاره کرد که در آن‌ها یک تور مطابق با مسیر وسیله نقلیه شکل گرفته و تمامی نقاط تقاضایی که روی مسیر نیستند به راحتی به آن دسترسی دارند (کارنت و اسپیلینگ^۲، ۱۹۹۴). برای مثال، این مسأله می‌تواند برای استقرار صندوق‌های پستی در بین یک سری نقاط کاندید استقرار با رعایت هدف مذکور (کارنت و اسپیلینگ، ۱۹۹۴) و یا مسیریابی تیم‌های خدمات پزشکی مورد استفاده قرار گیرد (لابه و لاپورته^۳، ۱۹۸۶) که دو کاربرد اخیر در پژوهش ژندریو و همکارانش در طراحی مسأله تور پوششی مد نظر قرار گرفت. عمده تمرکز در این پژوهش بر طراحی مدلی جدید بر مبنای مسیریابی تیم‌های خدمات پزشکی است.



شکل ۱-۱. مثالی از یک راه حل برای مسأله تور پوششی

در این تحقیق به منظور ماکزیمم نمودن تعداد نقاط قابل دسترس برای متقاضیان دریافت خدمات سلامت، خواه در شعاع اول پوشش (R) یا شعاع دوم پوشش (R)، مدل معروف هوگان^۴ و ریووله^۵ را به مدل مسأله می‌افزاییم (هوگان و ریووله، ۱۹۸۶). جهت تکامل و اثربخشی بیشتر مسأله، مدل تعمیم یافته با مسأله مکان یابی-تخصیص که مدل‌های اولیه آن در کار کوپر^۶ متولد شدند (کوپر، ۱۹۶۳) ترکیب خواهیم نمود. این عمل با هدف مینیمم سازی کل مسافت طی شده ی متقاضیان تا نقاط توقف و همچنین از پیش تعیین نمودن مدت توقف وسیله نقلیه در هر نقطه انجام خواهد گرفت. دو هدف اخیر، شاخص‌های سطح خدمت در مسأله ارائه شده، هستند. علاوه بر این هدف جدیدی مبنی بر مینیمم سازی

¹ Maniezzo

² Current and Schilling

³ Labbe and Laporte

⁴ Hogan

⁵ Reville

⁶ Cooper

مجموع هزینه های تأسیس کلینیک در شهرهای محل توقف، در مثال تیم های خدمات پزشکی سیار، در مدل تعمیمی گنجانده می شود و بدین ترتیب، نقطه قوت دیگری به مدل افزوده خواهد شد. از آنجا که مدل نهایی چند هدفه است، نیاز است که روش های حل چندهدفه کلاسیک برای حل دقیق مدل پیشنهادی به منظور تعیین مجموعه های بهینه-پارتوی مرجع مورد بررسی قرار گیرند. در این قسمت نرم افزارهای بهینه یابی ابزارهای مناسبی در تعیین جواب های بهینه خواهند بود.

مسئله دیگر که بخش عمده ای از این پژوهش را تشکیل خواهد داد طراحی یک الگوریتم فراابتکاری مناسب است. همانطور که قبلاً هم ذکر شد مدل تعمیم یافته چند هدفه و $NP-hard$ بوده و لذا جهت حل ابعاد بزرگ آن به طراحی یک الگوریتم فراابتکاری چندهدفه نیاز خواهد بود. الگوریتم ژنتیک مبتنی بر مرتب سازی نامغلوب سریع نخبه گرا ($NSGA II$) که یک الگوریتم تکاملی است و دب¹ و همکاران در سال ۲۰۰۲ آن را ارائه نمودند و همچنین الگوریتم شبیه سازی تبرید که نخستین بار در سال ۱۹۸۳ کرک پارتیک^۲ و همکارانش از انجمن IBM آن را ارائه کردند نیاز ما را در این بخش تحقیق پاسخ خواهد گفت. در ادامه ضرورت انجام این تحقیق تشریح خواهد شد.

۱-۳ ضرورت تحقیق

پس از مطالعه جامع مسئله تور پوششی در منابع گوناگون، سوالاتی پیش روی خود احساس نمودیم که سعی کردیم در این پایان نامه برای آن ها پاسخ های درخور و مناسبی بیابیم. این سوالات که ضرورت پژوهش حاضر را به خوبی نمایان می سازد عبارتند از:

- در صورت عدم دسترسی متقاضیان به نقاط همیشگی مراجعه، به دلایلی مانند بلایای طبیعی و یا ازدحام بیش از حد و پیش بینی نشده متقاضیان در حوزه یک شهر محل توقف، چگونه می توان امکان دریافت خدمت را برای این دسته از متقاضیان فراهم نمود؟ (توجه شود که یکی از اهداف مسئله تور پوششی پوشش دادن تمامی نقاط تقاضاست)
- زمان توقف از پیش تعیین شده وسیله نقلیه در هر نقطه (شهر) جهت برنامه ریزی دقیق تر چقدر است؟
- هر متقاضی از کدام شهر محل توقف در شعاع اول (r) خدمت دریافت کند
- معیار تخصیص متقاضیان به شهرها چیست؟
- مسیری که هزینه تأسیس کلینیک در شهرهای محل توقف را نیز مینیمم می کند، کدام است؟
- با توجه به $NP-hard$ بودن مدل جدید یک الگوریتم فراابتکاری مناسب برای حل آن کدام است و چه ویژگی هایی باید داشته باشد؟
- پارامترهای الگوریتم انتخابی چگونه انتخاب شوند تا خروجی آن جواب هایی با کیفیت بیشتر و زمان تولید کمتر باشد؟

پاسخ به تمام سوالات فوق با کاستن نارسایی های مسئله تور پوششی، این مسئله را به واقعیت نزدیکتر و آن را کامل تر و اثربخش تر می نماید.

¹ Deb

² Kirkpatrick

۱-۴ اهداف مطالعه

با توجه به تعریفی که از مسأله تور پوششی ارائه شد و ضرورت‌های تحقیق که در غالب سوال‌هایی مطرح گردید، هدف کلی این مطالعه ارائه مدل کامل تری از مسأله تور پوششی است به گونه‌ای که اهداف زیر را تأمین نماید:

۱- تعیین شهرهای محل توقف تیم‌های خدمات پزشکی به گونه‌ای که همه متقاضیان از خدمت ارائه شده بهره‌مند شوند

۲- تعیین مسیر حرکت و یا توالی بهینه شهرها

۳- ایجاد پوشش پشتیبانی ماکزیمم برای نقاط متقاضی

۴- تخصیص متقاضیان به شهرهای محل توقف و اندیشیدن تمهیدی در جهت مینیمم سازی کل مسافت طی شده
ی آن‌ها

۵- تعیین زمان توقف وسیله نقلیه در هر شهر

۶- طراحی یک تور با کمترین هزینه تأسیس کلینیک در هر شهر

۷- طراحی یک الگوریتم فراابتکاری مناسب برای حل ابعاد بزرگ مدل پیشنهادی

۱-۵ آرایش کلی گزارش

در فصل دوم، به مرور ادبیات محدودی که برای مسأله تور پوششی وجود دارد پرداخته می‌شود. در فصل سوم، مدل پیشنهادی جدید، روش حل دقیق در نرم افزار و نیز الگوریتم فراابتکاری طراحی می‌گردد. در فصل چهارم نمونه‌های تصادفی با استفاده از هر دو روش دقیق و فراابتکاری روی مدل پیشنهادی اجرا می‌شود و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت. در فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی آورده شده است.

۱-۶ خلاصه فصل اول

در ابتدای این فصل مقدمه‌ای راجع به کلیات تحقیق انجام شده ارائه شد. در ادامه مسأله تور پوششی تعریف و سپس به ضرورت تحقیق موضوع انتخابی در این مسأله پرداخته شد. در نهایت اهداف مطالعه با ساختاری منظم در یک طبقه بندی به صورت خلاصه بیان شد. در فصل بعد نیز به شرح مفصل ادبیات موضوع پرداخته می‌شود.

فصل دوم

مروری بر ادبیات موضوع

۲- ادبیات موضوع

۲-۱ مقدمه

جهانی شدن اقتصاد، رشد پویایی بازارهای جهانی و نیازمندی‌های مشتریان همگام با توسعه سریع اقتصادهای آسیایی مقوله لجستیک و هزینه‌های مربوط به آن را به عنوان یکی از مسائل مهم اقتصادی کاملاً جدید مطرح نموده است. شرکت‌ها مجبورند هزینه‌های توزیع را با احتیاط بیشتری رصد نمایند چرا که این هزینه‌ها تقریباً نیمی از کل هزینه‌های پشتیبانی و در برخی صنایع، نظیر صنایع غذایی و نوشیدنی، می‌تواند تا ۷۰٪ از ارزش افزوده کالاها را به خود اختصاص دهد (برایزی^۱، ۲۰۰۵). در این شرایط تنها شرکت‌هایی سودآور هستند که خدمات به مشتریان خود را بهبود داده و تنها در این صورت است که این شرکت‌ها با افزایش ظرفیت لجستیکی خود قادر به ماندن در عرصه رقابت خواهند بود. برای نمایش اهمیت و ارزش پشتیبانی در فرآیند کسب و کار به خصوص از لحاظ حمل و نقل که در طی سال‌های اخیر رشد زیادی داشته است، میزان فعالیت‌های شرکت مائرسک لاین^۲، بزرگ‌ترین شرکت کشتیرانی حمل کانتینر در سراسر دنیا، مثال بسیار خوبی است. این شرکت سالانه ۱۱.۵ میلیون کانتینر با ارزشی معادل ۲۵۰ میلیون دلار آمریکا به سراسر دنیا حمل می‌کند. در سال ۲۰۰۶ بیش از ۱۰۰ میلیون کانتینر به جای جای دنیا حمل شد و پیش‌بینی‌ها برای ۱۰ سال بعد از آن رقمی در حدود دو برابر آن را نشان می‌داد. ۳ میلیارد تن-کیلومتر حمل و نقل ریلی، هوایی و جاده‌ای در سراسر اروپا در سال ۲۰۰۵ به ثبت رسید که افزایش اهمیت حمل و نقل بار را به خوبی نشان می‌دهد (شرکت مکنزی^۳، ۲۰۰۶). از طرف دیگر حمل و نقل عمومی به عنوان یکی از بخش‌های لجستیکی به علت اهمیت فزاینده‌ی آن در اقتصاد کشورها باعث مالکیت دولتی شرکت‌های متصدی آن به خصوص در کشورهای جهان سوم و در حال توسعه شده است. از آن جمله می‌توان به ارائه خدمات پستی اشاره کرد. با این وجود پیشرفت‌های اخیر به خصوص در اروپای مرکزی نشان از گرایش این شرکت‌ها به سمت خصوصی شدن دارد. این شرکت‌ها با کاهش نقش اجتماعی خود از طریق بستن مجراها و خطوط خدمت بدون سود، به خصوص در مناطق روستایی، به این استراتژی جامه عمل پوشانده‌اند. البته هنوز علاقه‌ای در شرکت‌ها به حفظ سطح معینی از خدمت که موجب یک تبادل بین رضایتمندی مشتری و سود شرکت می‌شود وجود دارد.

با این حال، همچنان یکی از علاقه مندی‌های سازمان‌های دولتی و خصوصی در زمینه حمل و نقل و پشتیبانی، توزیع موثر خدمات سلامت بدون سود در کشورهای صنعتی و همچنین کشورهای جهان سوم است (کیوبیک، ۲۰۰۷). امروزه این خدمت به علت برخی نارسایی‌ها به خصوص در کشورهای جهان سوم و در حال توسعه به صورت سیار، به ویژه در بخش روستایی آن، ارائه می‌شود. عمده تمرکز این پایان نامه بر چگونگی بهبود ارائه این خدمت از طریق بررسی و توسعه مسأله تور پوششی است. خواستگاه اولیه مسأله تور پوششی، مسیریابی تیم‌های خدمات پزشکی سیار و موارد مشابه در زمینه ارائه خدمات بدون سود است که در ادامه به این مسأله، مدل‌ها، کاربردها و روش‌های حل آن در غالب مرور ادبیات این پژوهش پرداخته خواهد شد. سپس تاریخچه‌ای از مسائل پوشش پشتیبانی و مکان‌یابی-تخصیص به همراه کاوش در جوانب مختلف آن‌ها ارائه می‌گردد.

¹ Braysy

² Maersk Line

³ Mckinesy Company

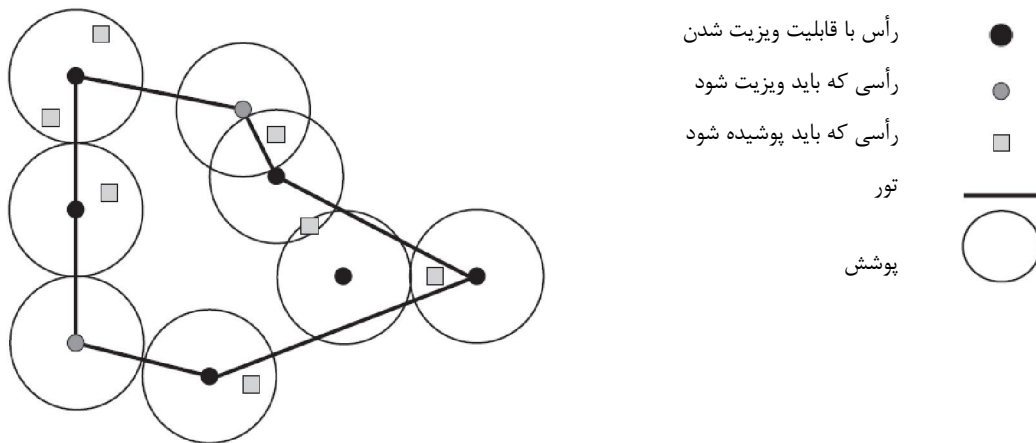
۲-۲ مسأله تور پوششی

این بخش شامل چهار زیربخش کلی زیر است:

مفهوم مسأله تور پوششی، تعریف ریاضی مسأله تور پوششی، مدل برنامه ریزی ریاضی مسأله تور پوششی، اجزاء تشکیل دهنده مسأله تور پوششی.

۲-۲-۱ مفهوم مسأله تور پوششی

مسأله تور پوششی تعمیمی از مسأله معروف و پر کاربرد فروشنده دوره گرد است. به عبارت دقیق تر این مسأله ترکیبی از مسأله فروشنده دوره گرد و مسأله پوشش مجموعه است. مسأله تور پوششی در مجموعه مسائل لجستیک و به خصوص حمل و نقل دسته بندی می شود که می تواند در حل مشکلات دنیای واقعی به کار گرفته شود. برای درک مسأله مجموعه معینی از رئوس (شهرها) را در نظر بگیرید که بایستی ویزیت شوند. علاوه بر این رأس هایی وجود دارند که می توانند جهت ویزیت شدن انتخاب شوند. مجموعه سومی از رئوس نیز موجودند که ممکن است ویزیت نشوند اما بایستی حداقل بوسیله یک شهر ویزیت شده تحت پوشش قرار گیرند. منظور از پوشش این است که یک رأس در یک فاصله از پیش تعیین شده ای نسبت به یک شهر ویزیت شده قرار گیرد. هدف در اینجا عبارتست از یافتن کوتاه ترین توری که از مجموعه ای از رئوس با قابلیت ویزیت شدن گذشته و مقاصد پوشش و ویزیتینگ را به طور کامل ارضاء نماید. شکل زیر به خوبی نمایی گرافیکی از این مسأله را نشان می دهد.



شکل ۲-۱. مثالی از یک راه حل برای مسأله تور پوششی

۲-۲-۱-۱ مفهوم مسأله تور پوششی در غالب یک کاربرد

همانگونه تا کنون بارها ذکر شده است یکی از زمینه های کاربرد مسأله تور پوششی، بخش مراقبت های بهداشتی و درمان در جهت گسترش خدمات پزشکی سیار، در کشورهای در حال توسعه است (هدسون^۱، ۱۹۹۸). سازمان ملی مراقبت های بهداشتی و درمان در یک کشور در حال توسعه برای تعدادی از شهرها با جمعیت بیشتر، مراکز جهت توزیع خدمات سلامت در نظر گرفته است. به هر مرکز یک وسیله نقلیه اختصاص می یابد. تیم های خدمات پزشکی پس از خروج از این مراکز تنها می توانند به تعداد محدودی از روستاها دسترسی داشته باشند. این نقیصه ممکن است به سبب محدودیت های زیربنایی نظیر فقدان جاده ها، محدودیت منابع نظیر ظرفیت وسیله نقلیه و یا قوانین و مقررات دولتی باشد.

¹ Hodgson