دانشگاه پیام نور مرکز تبریز
گروه ریاضی کاربردی
پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته ی
ریاضی کاربردی، گرایش آنالیز عددی

عنوان

مساله‌مسیریابی وسایل نقلیه خدماتی چنددوره‌ای پویا

استاد راهنما
دکتر جواد مهری تکمه

استاد مشاور
محسن ساعدی

پژوهشگر
ساسان جعفری پتلو

فروردین ۱۳۸۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به:

پدر و مادر

بزرگوارم

سپاسگزاری

شایسته است صمیمانه ترین تشکرات قلبی خود را تقدیم اساتید محترمی نمایم که با همکاری و مساعدت بی شائبه و نظراتشان گام هایم را در مسیری که آغاز نموده ام، استوارتر ساختند. بخصوص از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر مهری به خاطر راهنمایی های سودمندشان در تهیه و تدوین این پایان نامه، با تمام وجود تشکر می نمایم.

از جناب آقای ساعدی نیز که زحمت مطالعه و مشاوره ی این پایان نامه را قبول فرموده اند، سپاسگزاری می کنم.

ساسان جعفری
اسفند ۱۳۸۹

نام خانوادگی دانشجو : جعفری پتلو نام : ساسان

عنوان : مساله مسیریابی وسایل نقلیه خدماتی چند دوره ای پویا

استاد راهنما : دکتر جواد مهری تکمه

استاد مشاور : محسن ساعدی

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد رشته : ریاضی کاربردی گرایش آنالیز عددی
دانشگاه: پیام نور تبریز تاریخ فارغ التحصیلی : ۱۳۹۰

کلید واژه ها : پویا، چند دوره‌ای، چند هدفی، مسیریابی وسایل نقلیه خدماتی، جستجوی همسایگی متغیر

چکیده

در این پایان نامه به مساله‌ی مسیر یابی وسایل نقلیه ی خدماتی دوره‌ای پویا می‌پردازیم که با توزیع سفارشات از یک انبار به مجموعه‌ای از مشتریان در یک افق برنامه‌ریزی چند دوره‌ای سر و کار دارد. سفارشات مشتریان و دوره‌های سرویس آن ها به طور پویا در طی زمان آشکار می‌شود. اهداف عبارتند از می نیمم سازی زمان کل پیمایش مسیر و انتظار مشتریان و متعادل سازی بار کاری روزانه در کل افق برنامه ریزی. این مساله را به شکل یک مساله برنامه ریزی صحیح آمیخته مدل بندی کرده و از طریق یک روش ابتکاری سه مرحله‌ای حل خواهیم کرد. جنبه ی چند هدفی مساله از طریق یک رویکرد تکنیک اسکالر مورد توجه قرار گرفته است.

فهرست مندرجات

۱ مفاهیم اولیه و پیشینه‌ی پژوهش ۵

۱—۱ **گراف:** ۵

۱—۲ مساله مسیریابی وسایل نقلیه ۷

۱—۳ مساله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه‌ی دوره‌ای ۹

۱—۴ مساله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه‌ی دوره‌ای پویا ۱۰

۱—۵ جستجوی همسایگی متغیر ۱۲

۱—۶ جستجوی ممنوعه ۱۵

۱—۶—۱ فضای جستجو و ساختار همسایگی ۱۵

۱—۶—۲ معیارمعین ۱۸

۱—۶—۳ الگویی برای یک جستجوی ممنوعه‌ی ساده ۱۹
۱—۶—۴ معیار پایان ۲۰
۱—۶—۵ مفاهیم میانی ۲۰

۱—۷ رویه‌ی جاسازی توسعه یافته ۲۴
۱—۷—۱ جاسازی نوع I ۲۴
۱—۷—۲ جاسازی نوع II ۲۵
۱—۷—۳ حذف نوع I ۲۶
۱—۷—۴ حذف نوع II ۲۷

۱—۸ روش تخریب و بازسازی ۲۸
۱—۸—۱ تخریب ۲۸
۱—۸—۲ بازسازی ۲۹

۱—۹ روش جاروب ۳۱

۱—۱۰ روش اسکالر ۳۱

۲ مسیریابی دوره‌ای پویا ۳۳

۲—۱ تشریح مساله و تجزیه و تحلیل ۳۳

۲—۲ مدلبندی ریاضی مساله ۳۵

۲—۳ روش ابتکاری سه مرحله‌ای ۳۹
۲—۳—۱ مرحله‌ی I: انتخاب مشتری ۴۰
۲—۳—۲ مرحله‌ی II: جستجوی همسایگی متغیر ۴۱
۲—۳—۳ مرحله III: بهینه سازی ثانویه ۴۳

۳ نتایج عددی ۴۷

۳—۱ داده‌ها و پارامترها ۴۷

۳—۲ تحلیل حساسیت ۴۸
۳—۲—۱ تعداد روزها برای برنامه ریزی در TPH ۴۸
۳—۲—۲ نتایج به دست آمده برای تابع چند هدفی ۴۹

۳—۳ نتیجه ۵۰

مراجع ۵۲

واژه نامه ۵۷

الگوریتم ها ۶۱

مقدمه

تحقیقات نظری و کاربردهای عملی در زمینه‌ی مسیریابی وسایل نقلیه خدماتی (VRP) با مطرح شدن مساله‌ی ارسال کامیون توسط دانتزیک[۱] و رامسر[۲] برای پیدا کردن مسیرهای بهینه برای ناوگانی از کامیون‌های حمل سوخت که بنزین را از یک پایانه‌ی توزیع به پمپ بنزین‌ها حمل می‌کردند، آغاز گردید. آن‌ها با استفاده از یک روش که بر مبنای برنامه‌ریزی خطی قرار داشت، یک جواب نزدیک به بهینه برای یک مساله با ۴ کامیون و ۱۲ پمپ بنزین به دست آوردند.

در تقریبا ۵۰ سالی که از انتشار مقاله‌ی دانتزیک و رامسر گذشته است، کار در زمینه‌ی VRP به طور چشمگیری گسترش یافته است. در عمل شاید بتوان گفت که مسیریابی وسایل نقلیه بزرگترین موفقیت را در زمینه‌ی تحقیق در عملیات به خود اختصاص داده است. به عنوان مثال، هر روز تنها در ایالات متحده هزاران راننده در مسیرهایی که توسط کامپیوتر با استفاده از تکنیک‌های VRP طراحی شده‌اند، حرکت کرده و میلیون‌ها مشتری را خدمات رسانی می‌کنند.

با وجود تمامی پیشرفت‌های مهمی که در زمینه‌ی VRP حاصل شده است، چالش‌های جدیدی در سال‌های اخیر ظاهر شده است که بخشی از آن‌ها ناشی از نوآوری‌های تکنولوژیکی جدید همچون سیستم‌های مسیریابی جهانی است. اکثر کارهایی که در گذشته در زمینه VRP صورت گرفته است بر موارد استاتیک و قطعی مسیریابی توجه دارند که در آن تمامی اطلاعات در زمان طرح ریزی مسیرها معلوم است و یک بار که مسیرها طراحی شدند، تا پایان کار بدون تغییر باقی می‌مانند. با این حال، در مسایل کاربردی جهان واقع بسیاری از مسائل، مسائل بهینه‌سازی پویا هستند و نیز ظهور تکنولوژی‌های ارتباطی جدید و رقابت روز افزون شرکت ها سبب بروز مسائلی شده است که ماهیتی پویا دارند. در این گونه از مسائل، برخلاف مسائل استاتیک تمامی اطلاعات در مورد مشتریانی که باید خدمات رسانی شوند تماما به یکباره ظاهر نمی‌شود، بلکه به طور پویا در طی زمان آشکار می‌شود. امروزه فن‌آوری‌های جدید این امکان را برای شرکت‌ها

---

[۱] Dantzig

[۲] Ramser

فراهم آورده است که در هر زمانی از موقعیت وسایل نقلیه اطلاع پیدا کنند و در صورتی که مشتری جدیدی درخواست سرویس کند و سرویس‌دهی آن مشتری ممکن و مطلوب باشد، آن مشتری را وارد مسیر کرده و مسیرها را تغییر دهد. البته تکنیک‌های تصمیم‌گیری برای بهره‌گیری موثرتر از فرصت‌هایی که این فن‌آوری‌ها در زمینه‌ی مسیریابی پویا فراهم آورده‌اند هنوز دوران طفولیت خود را می گذراند. در مقایسه با کارهای بسیار صورت گرفته در زمینه‌ی مسیریابی استاتیک، کار نسبتا اندکی در زمینه‌ی مسیر یابی پویا صورت گرفته است.

هدف از این پایان نامه مدلبندی و حل مساله مسیریابی چند دوره‌ای پویا[۳](DMPVRP) است. در DMPVRP مشتریان سفارشات را به طور پویا در یک افق برنامه‌ریزی متشکل از چندین دوره (روز) ارائه می دهند. هر درخواست مشخص کننده‌ی یک میزان ازکالای مورد مطالبه، یک مکان تحویل و مجموعه‌ای از دوره‌های متوالی است که عملیات تحویل می‌تواند درآن صورت گیرد. توزیع کننده باید مسیرهای تحویل خود را برای افق برنامه‌ریزی چنان طرح‌ریزی کند که هزینه‌ی کل مسیرها و زمان انتظار مشتریان را می‌نیمم کند و بار کاری روزانه را برای افق برنامه‌ریزی متعادل سازد. جنبه ی پویایی این مساله از این جهت است که سفارشات مشتریان در هر روزی می‌تواند برسد و تصمیم‌گیری در مورد مسیرهای هر روز بدون آگاهی از درخواست‌های آینده صورت می گیرد.

در این پایان نامه DMPVRP را به صورت یک مساله خطی صحیح آمیخته با استفاده از تکنیک اسکالر فرمولبندی می کنیم. سپس یک روش ابتکاری سه مرحله‌ای برای جواب آن توسعه می دهیم و نشان می‌دهیم که رویکرد ما می‌تواند در یک زمان اجرای منطقی جواب‌هایی با کیفیت مناسب نتیجه دهد.

در فصل اول تعاریف و مفاهیم اولیه‌ی مورد نیاز در فصل‌های بعدی به همراه مروری از پیشینه و کارهای مرتبط صورت گرفته، ارائه شده است.

---

[۳] Dynamic Multi-Period Vehicle Routing Problem

در فصل دوم DMPVRP شرح داده شده و مدل ریاضی آن ارائه گردیده است. روش حل و تکنیک‌های به کار رفته برای حل این مساله در این فصل ارائه گردیده است.

نتایج عددی و نتیجه‌گیری در فصل سه ارائه شده است.

فصل ۱

مفاهیم اولیه و پیشینه‌ی پژوهش

۱–۱ گراف:

گراف G یک سه تایی مرتب $(V(G), E(G), \psi_G)$، متشکل از مجموعه‌ی ناتهی $V(G)$ به عنوان مجموعه راس‌ها، مجموعه‌ی $E(G)$ ی یال‌های مجزا از $V(G)$، و تابع وقوع ψ_G است که با هر یال G، یک جفت نامرتب (نه لزوما مجزا) از راس های G را همراه می‌کند. اگر e یک یال و u و v راس‌هایی از $V(G)$ باشند، به قسمی که $\psi_G(e) = uv$، آن‌گاه می‌گویند e، u را به v وصل می‌کند، راس های u و v را دو انتهای e می‌نامند.

زیر گراف: گراف H زیرگراف G است اگر و تنها اگر $V(H) \subseteq V(G)$، $E(H) \subseteq E(G)$.

درخت: گراف همبند بی دور را یک درخت گوییم.

مدار: اگر بین دو راس دلخواه از یک درخت، یک یال اضافه کنیم یک مدار ایجاد می‌شود.

یال برشی: یک یال برشی G، یال e است به طوری که: $w(G-e) > w(G)$ و منظور از $w(G)$ تعداد مولفه های G می‌باشد.

$[s, s']$: برای زیر مجموعه‌های s و s' از V، مجموعه‌ی یال‌هایی را که یک انتهای آن‌ها در s و انتهای دیگرشان در s' است را با $[s, s']$ نشان می‌دهیم.

برش یالی: برش یالی G، زیرمجموعه‌ای از E به صورت $[s, \bar{s}]$ است که در آن s زیر مجموعه‌ی سره‌ی ناتهی از V و $\bar{s} = V \backslash s$ می‌باشند.

گشت: گشت در G دنباله‌ی $W = v_۰e_۱v_۱e_۲ \cdots e_kv_k$ است که جمله‌های آن متناوبا راس‌ها و یال‌ها هستند به قسمی که برای $۱ \leq i \leq k$، دو انتهای e_i، $v_i, v_{i-۱}$ هستند. در این صورت W گشتی از $v_۰$ به v_k است وبه صورت $(v_۰, v_k)$ نشان می‌دهیم.

گذر: اگر یال‌های $e_۱, e_۲, \cdots, e_k$ گشت W، مجزا باشند، W را گذر می‌نامند.

مسیر: اگر در گذری علاوه بر یال‌ها، راس‌های $v_۰, v_۱, \cdots, v_k$ مجزا باشند، W را مسیر می‌نامند.

راه‌ها(routs): به مسیرهای از راس ۰ به $n + ۱$، راه، گفته می‌شود. به عبارت دیگر یک راه، یک سفر کوتاه از ایستگاه به یک دنباله از مشتریان و برگشت به ایستگاه است.

دو راس همبند: دو راس u و v ی گراف G را همبند خوانند اگر مسیر(u, v) در G موجود باشد.

مولفه‌های یک گراف: همبندی، یک رابطه هم‌ارزی در مجموعه راس‌های V است. بنابراین افرازی از V به زیر مجموعه‌های ناتهی $V_۱, V_۲, \cdots, V_\omega$ وجود دارد به طوری که دو راس u و v همبندند اگر و تنها اگر u و v هر دو متعلق به یک مجموعه V_i باشند. زیرگراف‌های $G[V_۱], G[V_۲], \cdots, G[V_\omega]$ را مولفه‌های G می نامند.

گراف همبند: اگر گراف G دارای دقیقا یک مولفه باشد، G همبند است؛ در غیر اینصورت G ناهمبند است. به عبارت ساده‌تر، گرافی که از هر راس آن به هر راس دیگر مسیری وجود داشته باشد.

گراف قویا همبند: گرافی را که از هر راس آن به هر راس دیگر یک مسیر جهت دار وجود داشته باشد؛ گراف قویا همبند گوییم.

گراف کامل : گراف ساده‌ای را که در آن هرجفت از راس‌های متمایز به وسیله‌ی یک یال به هم متصل باشند، گراف کامل می نامند. یک گراف کامل با n راس را با K_n نشان می دهند.

ماشین تورینگ: یک ماشین محاسباتی نظری است که توسط آلن تورینگ در سال ۱۹۳۷ برای ارائه خدمت به عنوان یک مدل ایده‌ال جهت محاسبات ریاضی اختراع شده است.[۳۱] ماشین تورینگ شامل یک خط از خانه‌ها با نام نوار است که می‌تواند به عقب و جلو حرکت کند. یک بخش فعال که به نام هد شناخته می‌شود دارای ویژگیی به نام حالت است که می‌توان این ویژگی را به رنگ خانه فعال پایینی آن تغییر داد و یک مجموعه از دستورالعمل‌ها، برای تعیین اینکه هد چگونه باید خانه‌ها را تصحیح کند و چگونه نوار حرکت کند. در هر گام ممکن است ماشین رنگ خانه فعال را تصحیح کند، حالت هد را تغییر دهد و سپس نوار را یک واحد به چپ یا راست حرکت دهد و ...

مساله NP: یک مساله به دسته (NP[۱]) (زمان چند جمله‌ای غیر قطعی) تخصیص داده می‌شود هر گاه در یک زمان چند جمله‌ای غیرقطعی توسط ماشین تورینگ قابل حل باشد.

NP **سخت:** دسته پیچیدگی مسائل تصمیم که به صورت ذاتی سخت‌تر از این است که بتوان توسط ماشین تورینگ در زمان چند جمله‌ای غیر قطعی حل کرد.

۱ — ۲ مساله مسیریابی وسایل نقلیه

بدون شک بنیادی ترین مساله مسیریابی که به خوبی مورد مطالعه قرار گرفته است، مساله‌ی فروشنده‌ی دوره‌گرد[۲] (TSP) است، که در آن یک فروشنده باید به مجموعه‌ای از شهرها مسافرت کرده و به شهر اول باز گردد. هدف از مساله‌ی TSP می نیمم کردن مسافت پیموده شده توسط فروشنده است. این مساله ابتدا در سده ۱۸ توسط ویلیام همیلتون و توماس کرکمن مطرح شد و

[۱] Nondeterministic Polynomail time

[۲] Traveling Salesman Problem

سپس در دهه‌ی ۱۹۳۰ شکل عمومی آن به وسیله‌ی ریاضیدانانی چون کارل منگر از دانشگاه هاروارد و هاسلر ویتنی از دانشگاه پرینستون مورد مطالعه قرار گرفت.[۲۴]

مساله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه[۳] (VRP) توسیعی از TSP است و عبارت است از تعیین مسیر برای m وسیله‌ی نقلیه، چنانکه یک مسیر از انبار شروع می شود، زیر مجموعه‌ای از مشتریان را با ترتیبی مشخص ملاقات می‌کند و به انبار باز می‌گردد. تمامی مشتریان باید دقیقا یکبار ملاقات شوند و کل تقاضای یک مسیر نباید از ظرفیت ماشین بیشتر باشد. به زبان ریاضی VRP بر یک گراف G=(A,V)، تعریف می‌شود که در آن $V=\{v_0, v_1, \ldots, v_n\}$ مجموعه‌ی راس‌ها و $A=\{(v_i, v_j) : v_i, v_j \in V, i \neq j\}$ مجموعه‌ی یال‌ها است. راس v_0 انبار را نشان می‌دهد که در آن m وسیله‌ی نقلیه با ظرفیت‌های $Q_1, \ldots, Q_n$ قرار دارند. هر راس از $V \backslash v_0$ متناظر است با یک شهر یا مشتری و یک تقاضای نامنفی q_i دارد. برای A یک ماتریس زمان پیمایش $C = (c_{ij})$ وجود دارد. VRP عبارت است از طراحی مسیرهای m وسیله‌ی نقلیه بر روی G به طوری که (i) هر مسیر از انبار شروع شده و در آن خاتمه یابد، (ii) هر مشتری دقیقا به یک مسیر تعلق دارد، (iii) مجموع تقاضاهای برآورده شده با ماشین k از Q_k فراتر نرود و مدت زمان پیمایش آن مسیر از یک مقدار از پیش تعیین شده‌ی D_k فراتر نرود. هدف VRP می نیمم سازی هزینه‌های توزیع کل مطابق با مسافت‌های پیموده شده توسط وسایل نقلیه است. VRP یک مساله‌ی ترکیبیاتی سخت است که در تحقیقات مورد توجه زیادی قرار گرفته است و معمولا با استفاده از روش‌های ابتکاری حل می شود. در اکثر مسائل توزیع جهان واقع مساله‌ی توزیع با برخی قیدهای جنبی درگیر است که مساله را پیچیده‌تر می‌سازد. این قیدهای جنبی می‌توانند به عنوان مثال، قیدهای زمان برای زمان کل پیمایش مسیر و پنجره‌های زمانی که در طی آن سرویس باید شروع شود، باشد. مساله‌ی آخر با نام مسیریابی وسایل نقلیه با پنجره‌های زمانی (VRPTW) شناخته می‌شود. بعلاوه اگر مجبور باشیم با جنبه‌هایی چون انبارهای چندگانه سروکار داشته باشیم، مساله پیچیده‌تر می‌شود.

[۳] Vehicle Routig Problem

روش‌های حل شامل روش‌های دقیق همچون برنامه‌ریزی ریاضی می‌باشد، اما روش‌های ابتکاری و فراابتکاری همچون جستجوی ممنوعه و جستجوی همسایگی متغیر نیز برای VRP مورد استفاده قرار گرفته است.

۱–۳ مساله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه‌ی دوره‌ای

مساله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه‌ی دوره‌ای (PVRP)[۴] توسیعی از VRP است که در آن مسیرهای وسایل نقلیه باید برای یک افق برنامه‌ریزی متشکل از چندین دوره (روز) ایجاد شود و مشتریان می‌توانند بیش از یک بار در طی این افق ملاقات شوند. درطی هر دوره، ناوگانی از وسایل نقلیه‌ی ظرفیت‌دار درون مسیرهایی که از انبار شروع شده و در آن پایان می‌یابند، حرکت می کنند. در این مساله تمامی اطلاعات در آغاز افق برنامه‌ریزی معلوم است. در PVRP مشتریان فراوانی سرویس و مجموعه‌هایی به عنوان ترکیب‌های روزهای مجاز برای سرویس‌دهی را مشخص می‌کنند. برای مثال اگر یک مشتری فراوانی ۲ و ترکیبات {۳و۱} و {۴و۲} را مشخص کند، آن گاه مشتری در نظر دارد دو بار در روزهای ۱و۳ یا روزهای ۲و۴ ویزیت شود. مساله عبارت است از انتخاب همزمان یک ترکیب سرویس برای هر مشتری و ایجاد مسیرها برای هر روز از افق برنامه‌ریزی مطابق با قوانین VRP چنانکه هزینه‌های مربوط به مسافت پیموده شده توسط ماشین‌ها برای کل افق می‌نیمم گردد. این نوع از مساله به عنوان مثال در توزیع خواروبار، صنایع نوشابه، جمع آوری ضایعات و مواردی دیگر ظاهر می‌شود.

---

[۴] Periodic Vehicle Routing Problem

۱–۴ مساله‌ی مسیریابی وسایل نقلیه‌ی دوره‌ای پویا

در مساله‌ی مسیریابی چند دوره‌ای پویا (DMPVRP) مشتریان سفارشات را به طور پویا در یک افق برنامه‌ریزی متشکل از چندین دوره (روز) ارائه می‌دهند. هر درخواست مشخص کننده‌ی یک میزان از کالای مورد مطالبه، یک مکان تحویل و مجموعه‌ای از دوره‌های متوالی است که عملیات تحویل می‌تواند درآن صورت گیرد. توزیع کننده باید مسیرهای تحویل خود را برای افق برنامه ریزی چنان طرح‌ریزی کند که هزینه‌ی کل مسیرها و زمان انتظار مشتریان را می‌نیمم کند و بار کاری روزانه را برای افق برنامه‌ریزی متعادل سازد. مشتریان سفارشات را در طی زمان ارائه می‌دهند و جدول توزیع یک روز مشخص برای چندین وسیله باری، در آغاز آن روز تشکیل می‌شود. این جدول شامل سرویس‌دهی به تعدادی از سفارشات تکمیل نشده است و بالطبع تعدادی را هم برای روزهای بعدی باقی می‌گذارد. دوراندیشی‌های نسبتا قوی باید صورت گیرد تا در آینده در هنگام ایجاد مسیر، وضعیت‌های نشدنی ایجاد نشود. سفارشات تکمیل نشده پس از جدول مشخص می‌شوند و سفارشات جدید انباشته شده در طول روز برای جدولبندی روز بعد در نظر گرفته می‌شوند. به دلیل آنکه رانندگان در زمان تحویل بار تعامل ندارند، هیچ پنجره زمانی لازم نیست در نظر گرفته شود.

تعداد مقالات نوشته شده در زمینه‌ی DMPVRP نسبتا اندک است. تا آنجایی که می‌دانیم نزدیک‌ترین کار توسط آنجللی و همکاران [۲] و [۳] صورت گرفته است. در [۲] مولفان یک حالت خاص از DMPVRP را در نظر گرفته‌اند که در آن هر سفارش پس از دریافت، دو روز متوالی فرصت برای رسیدگی دارد و در هر روز تنها یک وسیله ی نقلیه برای انجام سفارشات موجود است. این مساله در [۳] توسعه یافته است که در آن یک ناوگان ثابت از وسایل نقلیه در دسترس است و درخواست‌های آنلاین با بهینه سازی دوباره‌ی طرح مسیرها در طول روز در نظر گرفته می‌شود. یک درخواست را آنلاین می‌گویند در صورتیکه در طول روز هنگامی که وسایل نقلیه در منطقه‌ی توزیع در حال حرکت هستند دریافت شود. یک درخواست آنلاین را هم می‌توان به بعد

موکول کرد و هم می‌توان در همان روزی که دریافت می‌شود به انجام رساند. در اینجا فرض شده است که درخواست‌هایی که غیر قابل تعویق هستند به منظور تضمین شدنی بودن جواب، تنها می‌توانند قبل از یک زمان ثابت دریافت شوند.

DMPVRP به مساله مسیریابی دوره‌ای وسایل نقلیه خدماتی (PVRP) که در آن تمامی اطلاعات در آغاز افق برنامه‌ریزی موجود است، از نزدیک مرتبط است. در DMPVRP فراوانی‌های سرویس برای هر مشتری مساوی با یک است و ترکیبات روزهای سرویس از روزهای متوالی تشکیل می‌شود. PVRP معمولا با روش‌های ابتکاری حل می شود. بهترین الگوریتم‌های شناخته شده برای این مساله متعلق هستند به کوردئو و همکاران [۶] و هملمایر و همکاران [۱۵]. فرانسیس و همکاران[۸] نوعی از PVRP را حل کرده‌اند که در آن فراوانی سرویس یک متغیر تصمیم گیری است. مورگایا و وندربک[۲۲] نوع دیگری را حل کرده‌اند که شامل می‌نیمم سازی هزینه‌ی مسیرها و متعادل سازی بار کاری روزانه است.

سایر مسائل مسیریابی با یک مولفه‌ی پویا اغلب در زمینه‌ی مسائل برداشتن و تحویل پویا ظاهر می شوند [۲۷]، [۱۶]، [۵]، [۲۱] و [۲۶]. اما در این مقالات یک افق چند دوره‌ای در نظر گرفته نشده است. برای داشتن مروری بر مقالات اخیر [۱۹] و [۴] را ببینید. دسته‌ی دیگری از مقالات مرتبط با مساله ما، مقالات نوشته شده در زمینه‌ی مسیریابی چند هدفی[۵] است که نمونه‌هایی از آن عبارت است از مسیر یابی اتوبوس مدرسه در [۱] و [۲۳]، جمع آوری زباله [۱۸] و حمل مواد مخاطره‌آمیز [۳۰]، [۳۲] و [۷]. دو استراتژی اصلی حل برای مسائل چند هدفی عبارتند از تکنیک اسکالر که شامل می نیمم سازی یک ترکیب خطی وزن‌دار از توابع هدف است و روش پارتو[۶] که مجموعه‌ای از جواب های غیر غالب [۷] را تعیین می‌کند. برای مشاهده‌ی خلاصه ای از این روش‌ها به [۱۷] مراجعه کنید.

---

[۵] Multi-Objective Vehicle Routing

[۶] Pareto

[۷] Non-dominated

حال به معرفی برخی از روش‌های ابتکاری به کار رفته برای حل مسائل مختلف مسیریابی می‌پردازیم.

۱–۵ جستجوی همسایگی متغیر

تکنیک‌های حل تقریبی از طریق روش های ابتکاری از همان آغاز تحقیق در عملیات برای حل مسائل ترکیبیاتی مشکل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با توسعه ی تئوری پیچیدگی در دهه‌ی ۷۰ آشکار گردید که از آنجایی که بسیاری از این مسائل NP- سخت هستند، لذا امید کمی برای یافتن روش دقیق برای آن‌ها وجود دارد. این حقیقت بر نقش روش‌های ابتکاری برای حل مسائل ترکیبیاتی که در مسائل روزمره پدیدار شده و خواه NP- سخت بودند یا نه باید حل می‌شدند، تاکید می‌کرد. روش‌های متعددی ارائه شده و مورد آزمایش قرار گرفته‌اند، اما محبوب‌ترین آن‌ها بر مبنای تکنیک‌های مبتنی بر جستجوی موضعی (LS)[۸] می‌باشند. LS را می توان به طور خلاصه به عنوان یک رویه‌ی جستجوی تکراری که از یک جواب اولیه شروع کرده و به طور پیش رونده آن را با به کار گیری یک سری از اصلاح های موضعی (یا حرکت) بهبود می‌دهد، معرفی کرد. در هر تکرار، جستجو به یک جواب شدنی بهتر حرکت می‌کند، که با جواب فعلی فقط کمی تفاوت دارد. جستجو زمانی خاتمه می‌یابد که با یک بهینه ی موضعی نسبت به تبدیلاتی که مورد توجه قرار می‌دهد روبرو شود. مگر در صورتی که فرد خیلی خوش شانس باشد، این جواب بهینه‌ی موضعی یک جواب متوسط است. در LS، کیفیت جواب به دست آمده و زمان‌های محاسبه، معمولا تا حد بالایی بر غنای مجموعه‌ی تبدیل‌هایی (حرکتها) که در هر تکرار روش ابتکاری مورد توجه قرار می‌گیرد وابسته است.

فرض کنید $N_k, (k = ۱, \ldots, k_{\max})$ مجموعه‌ای متناهی از ساختارهای همسایگی از پیش

[۸] Local Search