



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

جدولبندی زمانی حمل و نقل بهینه از نوع چند خودرو و برنامه ریزی زمانی خودرو

فرایند برنامه ریزی زمانی عملیات حمل و نقل عمومی (حمل و نقل) به طور معمول شامل چهار فعالیت اساسی می شود که معمولاً در دنباله زیر انجام می شوند: طراحی شبکه، توسعه جدول زمانی، برنامه ریزی زمانی خودرو، و برنامه ریزی زمانی خدمه. این کار به دو فعالیت می پردازد: توسعه جدول زمانی و برنامه ریزی زمانی خودرو با انواع وسایل نقلیه مختلف. جداول زمانی جایگزین حتی فاصله بین وسائط نقلیه ساخته می شوند، اما نه لزوماً حجم های مساوی مسافر و یا حجم های مساوی مسافر متوسط، اما نه حتی فاصله بین وسائط نقلیه. یک روش برای ساخت جداول زمانی با ترکیبی از هر دوی مفاهیم و فاصله مساوی و حجم مساوی، برای اندازه چند خودرو توسعه معین است. مشکل برنامه ریزی زمانی خودرو بر اساس مجموعه های معین سفرها و انواع خودرو مرتب شده در مرتبه کاهشی هزینه های خودرو است. این مورد را می توان به عنوان یک مسئله شبکه هزینه-جریان با یک سطح پیچیدگی NP-سخت فرموله نمود. بنابراین، یک الگوریتم اکتشافی توسعه می یابد. چند مثال به عنوان یک دستگاه توضیحی برای نشان دادن روش های توسعه یافته مورد استفاده قرار می گیرد.

کلمات کلیدی: جداول زمانی حمل و نقل عمومی، فاصله های مساوی بین خودروها، بارها مساوی، نوع چند-خودرو؛

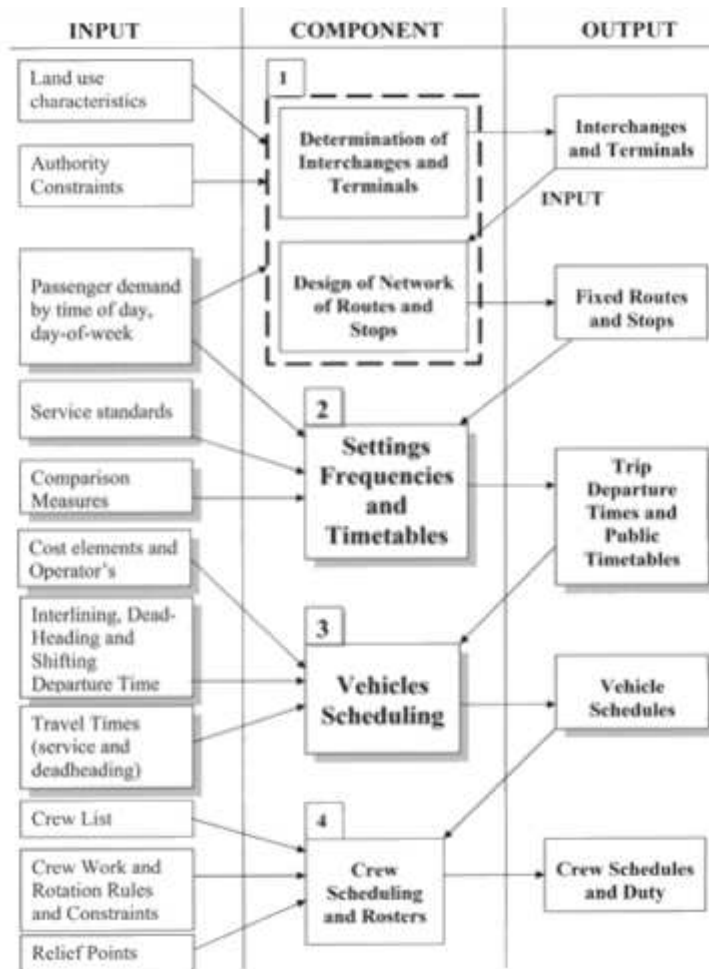
زمانبندی خودرو

۱. مقدمه

فرایند برنامه ریزی عملیات حمل و نقل عمومی (حمل و نقل) به طور معمول شامل چهار فعالیت اساسی می شود که معمولاً به صورت یک دنباله انجام می شوند: (۱) طراحی مسیر شبکه، (۲) توسعه جدول زمانی (۳) برنامه ریزی زمانی خودرو، و (۴) برنامه ریزی زمانی خدمه (Ceder 2007). شکل ۱ توالی تصمیم گیری نظام مند را برای این چهار فعالیت های برنامه ریزی زمانی نشان می دهد. خروجی هر یک از فعالیت های قرارگرفته در بالا در این دنباله به یک ورودی مهم برای تصمیم گیری های سطح پایین تر تبدیل شده است. واضح است که استقلال و نظم فعالیت

های جداگانه، فقط در این نمودار وجود دارد، به عنوان مثال، تصمیمات اتخاذ شده بیشتر به سمت پایین دنباله، دارای برخی از اثرها بر تصمیم گیری های سطح بالاتر است. بنابراین مطلوب است که هر چهار فعالیت به طور همزمان به منظور بهره برداری از توانایی سیستم در به بیشترین حد و افزایش بهره وری و کارایی سیستم برنامه ریزی شود. گاهی اوقات ترتیب و توالی در شکل ۱ تکرار می شود؛ بازخورد مورد نیاز در طول زمان گنجانیده شده است. با این حال از آنجا که این فرایند برنامه ریزی زمانی، به ویژه برای اندازه ناوگان از متوسط تا بزرگ، بسیار دست و پا گیر و پیچیده است، نیاز به راه حل جداگانه ای برای هر یک از فعالیت ها، با نتیجه مورد تغذیه شده به عنوان یک ورودی برای بعدی وجود دارد.

این کار بر دو فعالیت تمرکز می کند: توسعه جدولبندی زمانی و برنامه ریزی زمانی خودرو با در نظر گرفتن انواع مختلف خودرو. هدف از جداول زمانی عمومی، پاسخگویی به تقاضای حمل و نقل عمومی است. این تقاضا در طول ساعات روز، روزهای هفته، از یک فصل به یکی دیگر، و حتی از یک سال به سال دیگر متفاوت است. این نشان دهنده نیازهای کسب و کار، صنعتی، فرهنگی، آموزشی، اجتماعی، تفریحی و حمل و نقل جامعه است. بنابراین، هدف از این فعالیت، تنظیم جدولبندی های زمانی جایگزین برای هر یک از مسیرهای ترانزیت به منظور برآورده سازی تغییرات در تقاضای عمومی است. جدولبندی های زمانی جایگزین بر اساس تعداد مسافر تعیین می شوند، و آنها باید مطابق با محدودیت های فراوانی خدمات باشند. فعالیت برنامه ریزی زمانی خودرو در شکل ۱ در ایجاد زنجیره ای از سفرها هدف گذاری می شود؛ هر یک از آنها به عنوان یک برنامه زمانبندی خودرو با توجه به جدولبندی های زمانی معین ارجاع می شوند. این فرایند زنجیره ای اغلب به نام بلوک بندی خودرو نامیده می شود (یک بلوک، دنباله ای از فعالیت های مرتبط با درآمد و بدون درآمد برای خودروهای شخصی است). سفر ترانزیتی می تواند برای حمل و نقل مسافران در طول مسیر آنها یا برای یک سفر بدون بلیت به منظور اتصال دو سفر خدماتی به طور کارآمد برنامه ریزی شوند



شکل ۱. نمودار تابعی فرایند برنامه ریزی زمانی عملیات حمل و نقل مشترک

وظیفه شرح داده شده برنامه ریزی زمانی خودرو معین در شکل ۱، معمولاً فقط یک نوع خودرو را برای حمل و نقل در نظر می گیرد. در عمل، با این حال، بیش از یک نوع استفاده می شود؛ به عنوان مثال، ممکن است یک عملیات اتوبوس از مینی بوس ها، اتوبوس های استاندارد، دو طبقه و اتوبوس ها با درجات مختلفی از آسایش و تعداد مختلفی از صندلی ها استفاده نماید. معمولاً توجه به نوع خودرو در برنامه ریزی زمانی عملیات حمل و نقل شامل دو نکته می شود: اول، تعیین اندازه مناسب و یا بهینه خودرو، دوم، انتخاب وسایل نقلیه با سطوح مختلف راحتی، با توجه به خصوصیات سفر. بدیهی است که تلاش چندمعیاری با هر دو ملاحظات به طور همزمان سروکار دارد، اما این به ندرت در عمل انجام می شود. این موضوع که چه نوع خودرویی در نظر گرفته می شود، مطرح می کند که چه زمانی خرید یک خودرو یا یک ناوگان وسایل نقلیه انجام می گیرد که اغلب انجام نمی شود. هدف از این کار، دو مورد است. اول،

به وارد کردن متغیر اندازه خودرو و ساخت جدولبندی های زمانی کارآمد؛ یعنی، رویکرد فاصله مساوی بین وسائط نقلیه و حجم های مساوی. دوم، پرداختن به حداقل مشکل هزینه خودرو در برنامه ریزی زمانی، با در نظر گرفتن ارتباط بین ویژگی های هر سفر (شهری، محیطی، بین شهری، و غیره) و نوع خودرو مورد نیاز برای سفر خاص. این به معنی تطابق با سطح خاصی از خدمات برای آن سفر است: درجه راحتی، در دسترس بودن صندلی، و دیگر ویژگی های عملیاتی.

۲. بررسی نوشته های مختصر

این بخش به طور مختصر به نوشته ها در مورد این دو فعالیت می پردازد: توسعه جدولبندی زمانی و برنامه ریزی زمانی خودرو.

۲.۱. جدولبندی زمانی

مشکل پیدا کردن بهترین سیاست اعزام وسایل نقلیه حمل و نقل در مسیرهای ثابت دارای تاثیر مستقیم بر روی ساخت جدولبندی زمانی است. این مشکل سیاست اعزام که کاملاً گسترده در نوشته بررسی شده است را می توان به چهار گروه طبقه بندی نمود: (۱) مدل های سیستم ایده آل حمل و نقل، (۲) مدل های شبیه سازی (۳) مدل های برنامه ریزی زمانی ریاضی، و (۴) مدل های مبتنی بر اطلاعات.

گروه اول، سیستم های حمل و نقل ایده آل، برای مثال، توسط Newell (۱۹۷۱)، Lindsey و De Palma (۲۰۰۱)، و Wirasinghe (2003) مورد بررسی قرار گرفت. Newell (۱۹۷۱) نرخ معینی را برای ورود مسافر به عنوان یک تابع هموار از زمان، با هدف به حداقل رساندن مجموع زمان انتظار مسافران فرض نمود. De Palma و Lindsey (۲۰۰۱) روشی را برای طراحی یک جدول زمان بندی بهینه برای یک خط با دو ایستگاه توسعه دادند. Wirasinghe (2003) مقدار متوسط یک واحد زمان انتظار را برای هر مسافر (C1) و هزینه اعزام یک خودرو (C2) را در نظر گرفت تا نشان دهد که نرخ ورود مسافر در فرمول جذر Newell در (C1/2C2) ضرب می شود. در گروه دوم، مدل های شبیه سازی توسط، به عنوان مثال، Adamski (1998)، و Dessouky و همکاران

(۱۹۹۹) مطالعه شد. (Adamski 1998) یک مدل شبیه سازی را برای کنترل زمان واقعی اعزام وسایل نقلیه حمل و نقل به کار گرفت در حالی که برای افزایش قابلیت اطمینان خدمات به لحاظ عملکرد در زمان تلاش می نمود. Dessouky و همکاران. (۱۹۹۹) از یک تجزیه و تحلیل شبیه سازی استفاده نمود تا نشان دهد که نفع دانستن محل اتوبوس، مهم ترین مورد است زمانی که اتوبوس یک تاخیر قابل توجه را تجربه می کند. در گروه سوم، روش های برنامه ریزی زمانی ریاضی، به عنوان مثال Furth و Wilson (۱۹۸۱)، و Gallo و De MIELE (2001) پیشنهاد شده است. Wilson و Furth به دنبال به حداکثر رساندن سود خالص اجتماعی، متشکل از سود رانندگی و صرفه جویی در زمان انتظار، تحت محدودیت های یارانه کل، اندازه ناوگان، مسافر و سطوح بار بودند. Gallo و De MIELE (2001) یک مدل را برای حالت خاصی از اعزام اتوبوس از ذخایر پارکینگ ایجاد نمودند. مدل آنها بر اساس تجزیه تکالیف تعمیر یافته و مساله فرعی تطبیق است. در گروه چهارم و آخر، مدل های مبتنی بر اطلاعات که در این کار شرح داده شده است، بر اساس (Ceder 1986، 2007) استوار است.

۲.۲. برنامه ریزی زمانی خودرو

برنامه ریزی زمانی خودرو اشاره به مشکل تعیین تخصیص بهینه وسایل نقلیه برای انجام همه سفرها در یک جدول بندی زمانی حمل و نقل معین دارد. یک زنجیره از سفرها به هر خودرو از جمله سفرهای بدون بلیت یا خالی (DH) یا اختصاص داده می شود. تعداد راه حل های عملی برای این مشکل بسیار زیاد است، به خصوص در موردی که در آن وسایل نقلیه بر انبارهای مختلف استوار هستند. بنابراین، بخش عمده ای از تمرکز از نوشته ها روی مسائل محاسباتی است.

(Löbel 1999) مشکل برنامه ریزی زمانی چند انبار خودرو و آرامش آن را در فرمول برنامه نویسی خطی مورد بحث قرار دادند که می توان با استفاده از روش شاخه و برش آن را بررسی نمود. Freling و همکاران. (۲۰۰۱) مورد تک انبار با وسایل نقلیه یکسان را با تمرکز بر روی فرمولاسیون شبه واگذاری و الگوریتم حراج مورد بحث قرار دادند. Huisman و همکاران. (۲۰۰۴) یک فرمول پویا را برای مشکل برنامه ریزی زمانی چند انبار خودرو پیشنهاد دادند. در مشکل برنامه ریزی زمانی سنتی و ایستای خودرو فرض بر این است که دفعات سفر، یک ورودی ثابت است که

تنها یک بار وارد رویه راه حل می شود؛ فرمول پویا این فرض را با حل یک دنباله مشکلات بهینه سازی برای دوره های کوتاه تر آرام می سازد.

کمک های اخیر اشاره شده از Zak (۲۰۰۹) که روش بهینه سازی چند معیاره را برای برنامه ریزی زمانی اتوبوس با استفاده از دو معیار از منظر مسافر و دو معیار - از دیدگاه اپراتور با نتایج رضایت بخش توسعه داد. علاوه بر این مطالعات یکپارچه چند انبار خودرو و برنامه ریزی زمانی خدمه را می توان در Borndorfer و همکاران. (۲۰۰۸)، Gintner و همکاران. (۲۰۰۸) و Mesquita و همکاران. (۲۰۰۹) یافت که از فرمول صحیح ریاضی، روش های آرامش و اکتشافی برای غلبه بر مشکل اساسی NP-سخت استفاده نموده اند. سایر مطالعات مرتبط اخیر در جستجو فرصت های امداد رسانی برای رویکرد برنامه ریزی زمانی خدمه مطلوب در ایستگاه های حمل و نقل می شود که در آن راننده ها می توانند عوض شوند. چنین مطالعاتی توسط Kwan و Kwan (۲۰۰۷) و Laplagne و همکاران (۲۰۰۹) ارائه شده است.

۳. پیش زمینه جدولبندی زمانی فاصله مساوی و حجم مساوی

روش ساخت جدولبندی زمانی جایگزین در (Ceder 1986، 2007) به نظر می رسد. جدولبندی زمانی خودکار حتی با فاصله های مساوی بین وسائط نقلیه، اما نه لزوماً حجم های مساوی روی وسایل نقلیه فردی در بخش اوج بار، و یا حجم های مساوی مسافر متوسط در وسایل نقلیه فردی، اما نه حتی فاصله بین وسائط نقلیه ساخته می شوند. متوسط حجم های مساوی در وسایل نقلیه شخصی را می توان با آرامش الگوی فاصله گذاری شده بین وسائط نقلیه به طور مساوی بررسی نمود (از طریق بازآرایی زمان های خروج).

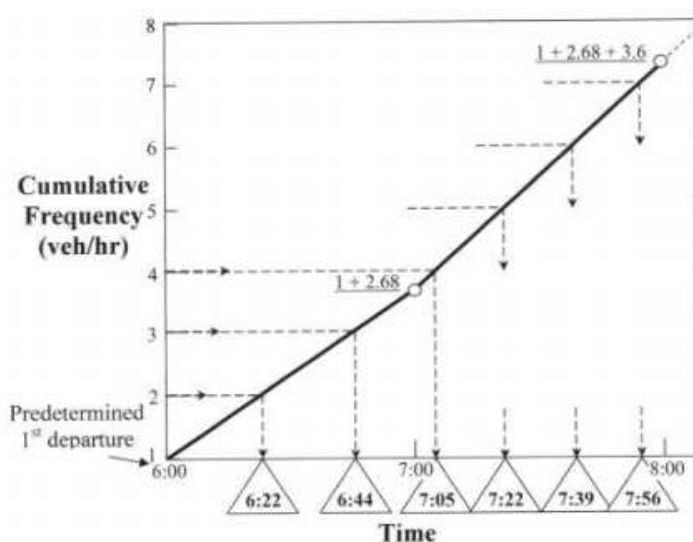
۳.۱. جدولبندی زمانی فاصله مساوی با انتقال هموار

یکی از ویژگی های موجود در جدولبندی زمانی، تکرار فاصله های یکسان در هر دوره زمانی است. با این حال، مشکل پیش روی زمانبندی در ایجاد این جدولبندی زمانی، این است که چگونه می توان زمان های خروج در بخش انتقال را بین مدت زمان مجاور تنظیم نمود. یک قاعده مشترک حاکم هموار فاصله های مساوی در انتقال بین دوره های زمانی، استفاده از یک فاصله متوسط است. بسیاری از سازمان های حمل و نقل این قانون ساده را به کار می

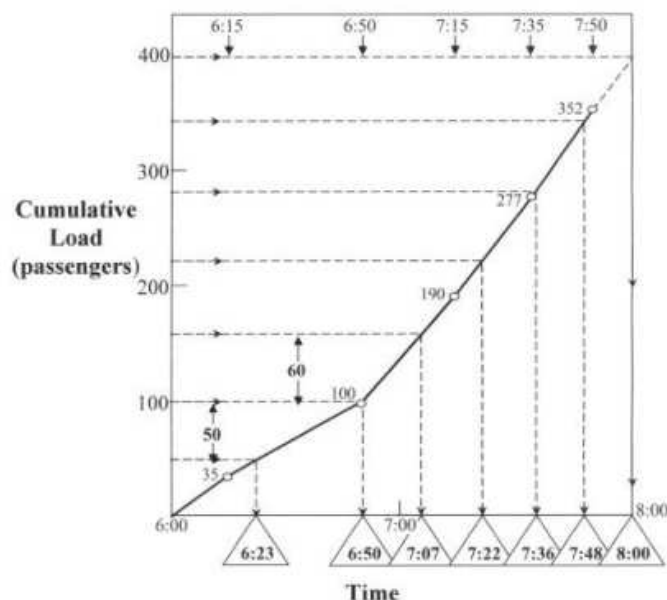
گیرند، اما ممکن است نشان داده شود که این کار می تواند به نتیجه برسد یا در ازدحام بیش از حد یا استفاده کم نامطلوب باشد. به عنوان مثال، دو دوره زمانی، $۰۶:۰۰-۰۷:۰۰$ و $۰۷:۰۰-۰۸:۰۰$ را در نظر بگیرید که در آن اولین خودرو، برای ترک در $۰۶:۰۰$ از پیش تعیین شده است. در اولین دوره زمانی، اشغال مورد نظر (بار مورد نظر) ۵۰ مسافر، و در دومی ۷۰ مسافر است. حداکثر تقاضای مشاهده شده در این دوره ۱۲۰ و ۸۴۰ مسافر، به ترتیب در نظر گرفته می شود. این بارهای مشاهده شده در یک نقطه بر اساس فرض نرخ یکنواخت ورود مسافر هستند. فراوانی های تعیین شده $۱۲۰/۵۰ = ۲,۴$ وسایل نقلیه و $۸۴۰/۷۰ = ۱۲$ خودرو برای دو دوره مربوطه، و فاصله بین وسائط نقلیه مرتبط با آنها، به ترتیب ۲۵ و ۵ دقیقه است. اگر کسی از قاعده رایج میانگین فاصله مساوی استفاده کند، فاصله مساوی ترانزیت $(۲۵ + ۵) / ۲ = ۱۵$ دقیقه است؛ از این رو، جدولبندی زمانی در $۰۶:۰۰$ ، $۰۶:۲۵$ ، $۰۶:۵۰$ ، $۰۷:۰۵$ ، $۰۷:۱۰$ ، $۰۷:۱۵$ ، ...، $۰۷:۵۵$ ، $۰۸:۰۰$ تنظیم می شود. با فرض نرخ ورود یکنواخت مسافر، دوره اول منجر به خروج خودرو در مقدار متوسط $۰۷:۰۵$ برای $۲۰ = ۵۰ \cdot (۱۰/۲۵)$ مسافر در نقطه حداکثر بار می شود؛ دوره دوم $۷۰ = ۷۰ \cdot (۵/۵)$ مسافر سهم دارد. در نتیجه، بار مورد انتظار در حداکثر نقطه بار $۲۰ + ۷۰ = ۹۰$ ، یک شکل برای نمایش متوسط ازدحام بیش از حد در ۷۰ مسافر مورد نظر پس از $۷:۰۰$ است. بدیهی است که فرض نرخ ورود یکنواخت در واقعیت برقرار نیست. با این حال، در برخی از موقعیت های زندگی واقعی (به عنوان مثال، پس خروج از کار و مدرسه)، تقاضای مشاهده شده در ۵ دقیقه می تواند بیشتر از سه بار از تقاضای مشاهده شده در طی ۱۰ دقیقه قبلی باشد، همانند این مثال. به منظور غلبه بر این وضعیت نامطلوب، اصل زیر ممکن است به کار گرفته شود.

اصل ۱: یک منحنی نشاندهنده فراوانی تجمعی را که نشاندهنده فراوانی (غیر صحیح) تعیین شده در ازای زمان است را ایجاد کنید. به صورت افقی برای هر یک از خروج ها حرکت کنید تا زمانی که با منحنی تجمعی تقاطع پیدا کند، و پس از آن به صورت عمودی حرکت کنید؛ نتیجه این کار، زمان حرکت مورد نیاز است. گزاره ۱: اصل ۱، به طور فاصله مورد نیاز مساوی گذاشته شده بین وسائط نقلیه را با بار ترانزیتی نزدیک شونده به اشغال های متوسط مورد نظر DOJ و $(J + 1)$ برای دو دوره متوالی، J و $J+1$ فراهم می کند.

اثبات: شکل ۲، اصل ۱ را با استفاده از یک مثال (Ceder، 2007) از فراوانی تعیین شده از ۲,۶۸ و ۳,۶۰ وسیله نقلیه / ساعت برای دوره های ۰۷:۰۰-۰۶:۰۰ و ۰۸:۰۰-۰۷:۰۰، به ترتیب نشان می دهد. از آنجا که شیب های خطوط ۲,۶۸ و ۳,۶۰ برای $J = 1$ و $J = 2$ به دست آمده است، فاصله حاصل بین وسائط نقلیه مورد نیاز هستند. بار انتقال، بار مرتبط با خروج ۷:۰۵ است که متشکل از مسافران ورودی در طول ۱۶ دقیقه برای $J = 1$ و مسافران ورودی در طول ۵ دقیقه برای $J = 2$ است. بنابراین، تقریباً $54 = (5/17).60 + (16/22).50$ است. این بار ترانزیت، میانگین دقیق بین $do1 = 50$ و $do2 = 60$ نیست، چرا که حرکت ها در عرض چند دقیقه صورت می گیرند. به عبارت دیگر، خروج تعیین شده دقیق پس از $7:00 = (3-2.68).60/3.60$ دقیقه است. با قرار دادن این مقدار، به جای ۵ دقیقه ذکر شده در بالا، یک مقدار را نشان می دهد که نزدیک به میانگین دقیق است. در واقع، نسبت در نظر گرفته، اثبات های ساخت و ساز از گزاره ۱ را برآورده می سازد.



شکل ۲. تعیین فاصله بین وسائط نقلیه که به طور مساوی فاصله گذاری شده است



شکل ۳ تعیین زمان خروج حتی با حجم مساوی

۳.۲. جدولبندی های زمانی حجم مساوی

یک مثال ساده ارائه شده در اینجا برای نشان دادن مشکل اساسی متعادل کننده بار است. برنامه زمانی فاصله مساوی را در نظر بگیرید که در آن وسایل نقلیه هر ۲۰ دقیقه بین ۰۷:۰۰ و ۰۸:۰۰ به عنوان مثال، در ۰۷:۲۰، ۰۷:۴۰، ۰۸:۰۰ ترک می کنند. اطلاعات مشاهده شده بار به طور مداوم نشان می دهد که خودرو دوم، که در ۰۷:۴۰ حرکت می کند، به طور چشمگیری دارای مسافران بیشتر از خودرو سوم است. (متوسط) حداکثر بار مشاهده شده در طول این دوره ۶۰ دقیقه ای، ۱۵۰ مسافر است، و اشغال مورد نظر ۵۰ مسافر است. از این رو، بر اساس در نظر گرفتن حداکثر بار، سه وسایل نقلیه برای خدمت به تقاضا در مورد جدولبندی زمانی فاصله بین وسایل نقلیه به طور مساوی مورد نیاز است. متوسط بارهای مشاهده در نقطه حداکثر بار ساعتی روز برای سه خودرو ۵۰، ۷۰ و ۳۰ مسافر، به ترتیب است. با توجه به اینکه این بارهای متوسط سازگار هستند، بنابراین آژانس حمل و نقل می تواند دفعات خروج را تنظیم نماید به طوری که هر خودرو دارای یک بار متعادل ۵۰ مسافر متوسط در نقطه حداکثر بار ساعات روز است. فرض نرخ ورود مسافر یکنواخت منتج به $۷۰/۲۰ = ۳,۵$ مسافرا / دقیقه $۰۷:۲۰ - ۰۷:۴۰$ و $۳۰/۲۰ = ۱,۵$ مسافر /

دقیقه ۰۸:۰۰-۷:۴۰ می شود. اگر زمان خروج خودروی دوم، X دقیقه به سمت عقب منتقل شود (به عنوان مثال، خروج زود هنگام)، و سپس معادله $3.5X = 70-50$ نشاندهنده برنامه زمانبندی متعادل، با $X = 5.7 \approx 6$ دقیقه، و یا حرکت در ۰۷:۲۰، ۰۷:۳۴ و ۰۸:۰۰ است. خروج سوم به این اختلاف ۲۰ مسافر را در نقطه حداکثر بار ساعات روز اضافه می کند. تنظیمات فاصله مساوی از اندازه کافی وسایل نقلیه برای برآورده سازی تقاضا در ساعات روز اطمینان حاصل می کند، اما نمی توان بارهای متعادل را برای هر خودرو در نقطه اوج تضمین نمود. به منظور اجتناب از این وضعیت نامتوازن، اصل زیر باید مورد استفاده قرار گیرد.

اصل ۲: یک منحنی را به نمایندگی از بارهای انباشته مشاهده شده در وسایل نقلیه شخصی در نقاط حداکثر بار ساعات روز بسازید. به صورت افقی در هر DOJ برای همه J حرکت کنید تا منحنی تجمعی بار را قطع کند و پس از آن عمودی حرکت کنید؛ این مورد به ذفات خروج مورد نیاز منجر می شود.

گزاره ۲: اصل ۲ منجر به دفعات خروج می شود به طوری که حداکثر بار متوسط در وسایل نقلیه شخصی در حداکثر بار نقطه ساعات روز J DOJ به اشغال مورد نظر نزدیک می شود.

اثبات: شکل ۳، اصل ۲ را با استفاده از داده های بارگیری در نقطه حداکثر بار وسایل نقلیه شخصی مشاهده شده نشان می دهد. ذفات خروج مشتق شده برای دستیابی به بارهای مساوی در حداکثر بار برای $J = 1$ و $J = 2$ می باشد. این بارهای مساوی بر روی منحنی تجمعی برای نزدیک شدن به $do1 = 50$ و $do2 = 60$ ساخته می شوند.

اگر ما یک نرخ ورود مسافر بین هر دو حرکت مشاهده شده را فرض کنیم، می توان نشان داد که بار به دست آمده از اولین خروج (۰۶:۲۳) متشکل از نرخ ورود بین ۰۶:۰۰ و ۰۶:۱۵ ($15/35 = 2.33$) و نرخ ۰۶:۱۵-۰۶:۵۰

است. بنابراین، $1.86.8 + 15 \cdot 2.33 = 50$ در گذار بین $J = 1$ و $J = 2$ ، مقدار $D2 = 60$

نظر گرفته میشود زیرا حرکت حاصل بعد از ۰۷:۰۰ می آید. بار حرکت وسیله نقلیه در ۰۷:۰۷ در نقطه حداکثر بار ساعتی خود به سادگی $61.2 = (90/25) \cdot 17$ با رند کردن زمان حرکت به نزدیکترین عدد صحیح است. یعنی،

در نتیجه $Y = 6.67$ دقیقه. این کار، اثبات را توسط ساخت گزاره ۲ کامل می

کند.

۴. ترکیب جدولبندی زمانی حجم مساوی و فاصله مساوی با استفاده از انواع مختلف خودرو

۴.۱. مقدمه و پیش زمینه

همانطور که در بالا ذکر شد در حال حاضر، در عمل، جدولبندی زمانی اتوبوس ها معمولا بر اساس حرکت ها با فاصله زمانی مساوی است. ویژگی فاصله مساوی برای یک دوره زمانی معین، انعطاف پذیری زمانبندی را برای تطبیق نوسانات مورد تقاضا در این دوره را کاهش می دهد. این عدم انعطاف پذیری ممکن است به حالات نامطلوب عملیاتی مانند ازدحام بیش از حد و یا وسایل نقلیه در حال اجرای تقریبا خالی منجر شود. بارهای نامساوی منجر به ناراحتی مسافر، در مورد عملیات ازدحام بیش از حد، و یا عملیات غیر اقتصادی و انرژی ناکارآمد وسایل نقلیه در مورد دوم می شود (Potter, Spicher 2004). با این حال، جدولبندی های زمانی بار مساوی می تواند منجر به فاصله طولانی و بسیار نامنظم بین وسائط نقلیه و به این ترتیب افزایش زمان انتظار برای مسافران در ورود به طور تصادفی است. برای غلبه بر معایب هر دو روش (فاصله مساوی و حجم مساوی) این بخش در جذاب ساختن خدمات حمل و نقل از طریق ایجاد جدولبندی زمانی با استفاده از انواع مختلف و اندازه های وسایل نقلیه برای رسیدن به فاصله مساوی بین وسائط نقلیه با حداقل بارهای ناهموار در حداکثر بار (ها) هدف گذاری شده است. کیفیت جدولبندی زمانی بر اساس این دو معیار خواهد بود: اختلاف بار در وسایل نقلیه از بار مطلوب، زمان و اختلاف از فاصله مطلوب است.

معیار اختلاف بار به عنوان شاخص میزان انحراف نقطه حداکثر بار واقعی روی اتوبوس از سطح اشغال مورد نظر (به عنوان مثال، تعداد صندلی ها) از جمله یک بافر برای نوسانات تقاضا به کار گرفته می شود. معیار اختلاف زمان اطلاعاتی در مورد چگونگی فاصله گذاری به طور مساوی بین وسائط نقلیه در جدول زمان بندی نهایی فاصله بر اساس محاسبه متوسط زمان انتظار برای هر مسافر را فراهم می کند.

۴.۲. روش شناسی

همانطور که (WT Ceder 2007) نشان داده شده است، زمان انتظار برای مسافران ورودی به صورت تصادفی Wt را می توان به شرح زیر محاسبه نمود:

$$Wt = \frac{\text{average headway}}{2} * \left(1 + \frac{\text{Variance of headway}}{(\text{average headway})^2} \right)$$

این فرمول نشان می دهد که زمان انتظار موردنظر، برای فاصله های مساوی بین وسائط نقلیه، حداقل است. برای تازه واردان به طور مساوی توزیع شده، بهترین فاصله برای یک نوع خودرو را به راحتی می توان با تقسیم تعداد کل مسافران مشاهده شده در نقطه حداکثر بار به بار مسافر مورد نظر به دست آورد. با این حال در واقعیت، ورودی ها نشان دهنده نوسانات است و دور از بار مساوی توزیع شده است. در نتیجه روش شناسی پیشنهادی از یک روش اکتشافی برای تعیین پیشرفت مطلوب برای یک تقاضای نوسانی با استفاده از اندازه های مختلف خودرو استفاده می کند. برای راحتی، استفاده از ظرفیت صندلی، تعیین کننده اندازه خودرو است؛ این عبارت ظرفیت صندلی در مقایسه با بار مسافر مورد نظر قرار می گیرد (مطلوب یا عامل بار).

در هر مرحله، از روش اکتشافی، زمان خروج به اتوبوس ها بر اساس یک جدولبندی زمانی فاصله مساوی اختصاص داده می شود به طوری که حداکثر تقاضای بار برآورده می شو. با داشتن اندازه های وسایل نقلیه مختلف در دسترس، انتخاب خودرو گاهی اوقات مبهم است. بنابراین، سه استراتژی عمده در نظر گرفته می شود:

استراتژی C1: به حداقل رساندن اندازه اتوبوس توسط اختصاص دادن بزرگترین اندازه اتوبوس در میان تمام اتوبوس های موجود به طوری که ظرفیت صندلی آن کمتر یا مساوی بار مسافر متوسط مشاهده شده باشد (از این رو انتظار می رود) یعنی برای خروج در زمان t با یک بار مورد انتظار از $L(t)$ ، $S_{k-1} \leq L(t) < S_k$ که در آن SK

و SK-1 دو اندازه اتوبوس در دسترس زیر هستند (WRT به اندازه)، اتوبوس اختصاص داده شده دارای ظرفیت صندلی SK-1 است. این ممکن است حاکی از ازدحام بیش از حد برخی از وسایل نقلیه باشد.

استراتژی C2: به حداکثر رساندن اندازه اتوبوس، با اختصاص دادن کوچکترین اندازه اتوبوس در میان تمام اتوبوس های موجود به طوری که ظرفیت صندلی آن بزرگتر یا مساوی بار مسافر متوسط مشاهده شده باشد (از این رو انتظار می رود). یعنی، برای خروج در زمان t با یک بار مورد انتظار $L(t)$ ، اتوبوس اختصاص داده شده دارای ظرفیت

صندلی SK است.

استراتژی C3: انتخاب خودرو، که اندازه آن به تقاضای متوسط مشاهده شده در هر خودرو، در حداکثر بار نقطه نزدیکترین اندازه است. یعنی برای یک حرکت در زمان t با یک بار مورد انتظار $L(t)$ ، اتوبوس ظرفیت صندلی SK را انتخاب کنید به طوری که $|s_k - L(t)|$ برای تمام k ها حداقل باشد. این می تواند منجر صندلی های خالی یا با ازدحام بیش از حد شود.

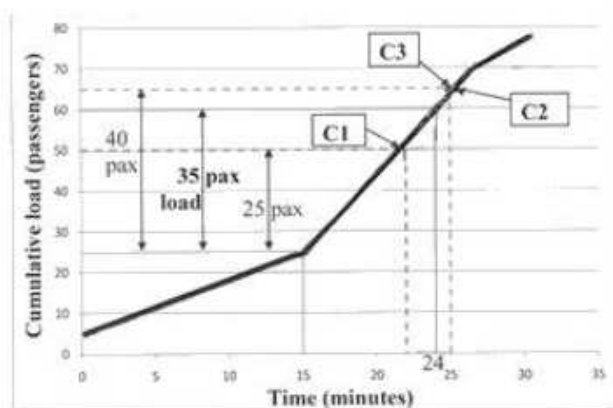
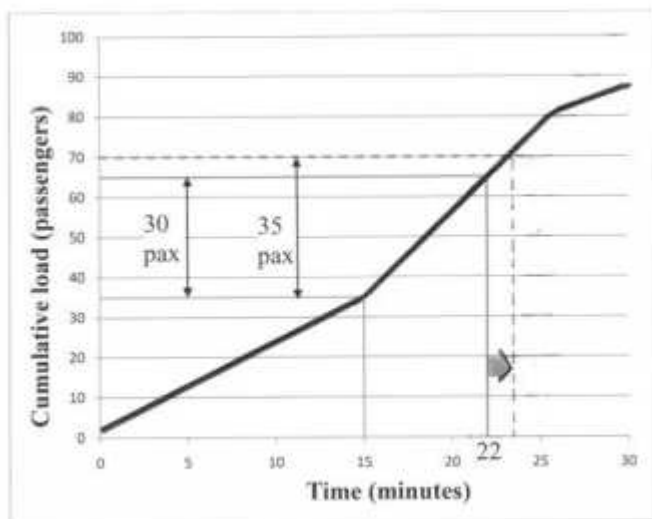


Figure 4. Strategies for selection of vehicle type

شکل ۴. استراتژی های انتخاب نوع خودرو



شکل ۵. روش جا به جایی

شکل ۴، سه استراتژی در بار مشاهده شده تجمعی اتوبوس های فردی در نقطه حداکثر بار را نشان می دهد. در این

مثال، خروجی مورد بررسی در $T = 24$ است (پس از شروع دوره زمانی). خروجی قبلی مربوط به $t=15$ با ۲۵ مسافر در برد است. بار مرتبط با حرکت مورد بررسی برابرست: $L(24) = 60 - 25 = 35$ مسافر (نفر). اندازه خودرو در دسترس $S1 = 25$ و $S2 = 40$ ظرفیت صندلی می باشد. بر اساس استراتژی C1، اتوبوس S1 انتخاب خواهد شد، و اتوبوس S2 برای استراتژی C2 و استراتژی C3 همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است.

اگرچه این استراتژی ها اجازه می دهد تا جدولبندی زمانی حتی با فاصله مساوی بین وسائط نقلیه ایجاد شود، ممکن است به بارهای ناهموار حتی برای اندازه های مختلف اتوبوس منجر شود. از این رو، یک منفعت در جابجایی زمان های خروج دور از فاصله های مساوی و حتی فرصتی بهتر برای بار مسافر در برد وجود دارد. شکل ۵ نمونه ای است که در آن خروج در $t = 15$ و حتی با فاصله ۷ دقیقه حرکت بعدی در $t = 22$ است. با این حال $L(22) = 30$ مسافر و اتوبوس اختصاص داده شده دارای ظرفیت صندلی ۳۵ مسافر است. جابجایی به سمت راست در شکل ۵ (فلش) فاصله ۱۰ دقیقه ای را ایجاد می کند، اما یک سرویس کارآمد تر را بدون آسیب رساندن به معنای متوسط کیفیت خدمات ارائه می دهد.

این تحقیق، سیاست های مختلف جابجایی در مجموع ۲۱ ترکیب مختلف از استراتژی های و تغییر برای ساخت مجموعه ای از برنامه زمانی امکان پذیر را بررسی می نماید. از این مجموعه جدولبندی زمانی بهینه تعیین خواهد شد.

۴.۳. نتایج

روش توسعه یافته برای مجموعه های مختلفی از داده های واقعی از اوکلند، نیوزیلند استفاده می شود که به خط اتوبوس شهری اشاره دارد که در حال حاضر با فاصله های مساوی بین وسائط نقلیه و تنها با یک نوع خودرو با ۳۶ صندلی اجرا می شود. فرآیند مبتنی بر اکتشاف، مجموعه های غیر تحت سلطه دفعات خروج را فراهم می کند. مرز Pareto از این نتایج نمایشگر بهبود قابل توجهی بر روی مجموعه ای از حرکت ها می باشد. یعنی، اختلاف بار مسافر اصلی از بار مورد نظر را می توان از ۳۸٪ به اختلاف بین ۰ درصد - ۱۵٪ کاهش داد، در حالی که انحراف از

فاصله و حتی فاصله مساوی تعیین شده در محدوده ۰٪ - ۷٪ حفظ می شود. این کار در مورد نتایج به دست آمده در جزئیات و همچنین تجزیه و تحلیل حساسیت بحث می کند.

۵. زمانبندی خودرو با چند خودرو انواع

در فعالیت برنامه ریزی زمانی خودرو در شکل ۱، وظیفه زمانبندی، لیست نمودن تمام زنجیره های روزانه سفر (برخی از سفرهای بدون بلیت) برای هر خودرو برای حصول اطمینان از تحقق هر دو جدولبندی زمانی و نیازهای اپراتور (سوخت گیری، تعمیر و نگهداری، و غیره) است. هدف اصلی از این فعالیت، به حداقل رساندن تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز در مورد یک نوع واحد، و کمترین هزینه - برای وسایل نقلیه از چند نوع است. روش استفاده شده، یک یک تابع پله به نام تابع کسری است که نشان دهنده تعداد کمبود وسایل نقلیه مورد نیاز در یک ترمینال خاص در سیستم حمل و نقل چند ترمینال است (Ceder و Stern ۱۹۸۱، Ceder 2007). مقدار گام گذاشتن در این روش، برای رسیدن به بزرگترین صرفه جویی در تعداد وسایل نقلیه است، در حالی که مطابق با تقاضای مسافر باشد. این صرفه جویی از طریق یک روش گنجاندن یک رابط انسان / کامپیوتر به دست می آید که اجازه می دهد که گنجاندن ملاحظات عملی صورت گیرد تا که زمانبندیهای با تجربه حمل و نقل بتوانند برنامه را معرفی کنند.

۵.۱. پیش زمینه تابع کسری

در زیر، شرحی از رویکرد تابع پله توصیف شده برای اولین بار توسط Ceder و Stern (۱۹۸۱) و Ceder (۲۰۰۷)، برای تعیین حداقل تعداد وسایل نقلیه برای تخصیص یک جدولبندی زمانی مشخص آمده است. تابع پله، تابع کسری (DF)، نامیده می شوند همانطور که نشان دهنده تعداد کمبود وسایل نقلیه مورد نیاز در یک سیستم حمل و نقل چند ترمینالی است. یعنی، DF یک تابع پله است که یکی در زمان برای هر یک از خروج های سفر افزایش می یابد و یکی در زمان سفر برای هر ورود کاهش می یابد. تنها اطلاعات مورد نیاز برای ساخت مجموعه ای از توابع کسری، جدولبندی زمانی سفر مورد نیاز است. مزیت اصلی DF ماهیت بصری آن است. در نظر بگیرید $d(k, t, S)$ نشاندهنده DF برای ترمینال k در زمان t برای زمانبندی S باشد. مقدار $d(k, t, S)$ نشان دهنده تعداد کل

خروج ها منهای تعداد کلی ورود های سفار در ترمینال k در حدود زمان t و شامل زمان t است. مقدار ماکزیمم روی افق زمانبندی $[T_1, T_2]$ ، $D(k, S)$ طراحی شده است.

در نظر بگیرید که t_s^i و t_e^i نشاندهنده زمان های شروع و پایان سفر i ، $i \in S$ باشد. این امکان وجود دارد که تقسیم بندی افق زمانبندی $d(k, t, S)$ در دنباله بازه های ماکزیمم و خالی عوض شونده صورت گیرد. بازه

های ماکزیمم $[s_i^k, e_i^k]$ ، $i = 1, \dots, n(k)$ بازه زمانی را تعریف می کند که روی آن $d(k, t)$ مقدار

ماکزیمم خود را اختیار می کند. توجه کنید که S زمانی حذف خواهد شد که مشخص شود که کدام برنامه زمانی مورد نظر در نظر گرفته شده است. شاخص i نشاندهنده بازه های ماکزیمم i ام از سمت چپ و $n(k)$ نشاندهنده تعداد کلی بازه های ماکزیمم در $d(k, t)$ است. یک بازه H_l^k ، $l=0, 1, 2, \dots, n(k)$ به عنوان بازه بین دو بازه

ماکزیمم شامل اولین خالی از T_1 تا بازه ماکزیمم اول، و آخرین خالی از بازه آخر تا T_2 تعریف می شود. بازه های خالی می توانند شامل یک نقطه باشند و اگر این مورد در مرزهای افق زمانبندی وجود نداشته باشد (T_1 یا T_2)، نمایش گرافیکی $d(k, t)$ توسط یک نقطه مشخص تاکید می شود.

اگر مجموعه تمام ترمینال ها به صورت T نشان داده شود، مجموع $D(k)$ برای تمام $k \in T$ برابر با تعداد مینیمم خودروهای موردنیاز برای سرویس دهی مجموعه T است. این مورد به عنوان فرمول اندازه ناوگان شناخته می شود. از لحاظ ریاضی، برای یک زمانبندی ثابت معین S داریم:

$$D(S) = \sum_{k \in T} D(k) = \sum_{k \in T} \max_{t \in [T_1, T_2]} d(k, t) \quad (1)$$

که در آن $D(S)$ حداقل تعداد اتوبوس برای سرویس دهی به مجموعه T است. هنگامی که سفرهای بدون بلیت (DH) مجاز باشند، اندازه ناوگان ممکن است به زیر سطح شرح داده شده در معادله ۱ کاهش می یابد. Ceder و Stern (۱۹۸۱) روشی را مبتنی بر ساخت یک واحد کاهش DH زنجیره شرح داده اند (URDHC)، که زمانی که به برنامه وارد شود، اجازه می دهد تا یک واحد کاهش در اندازه ناوگان صورت

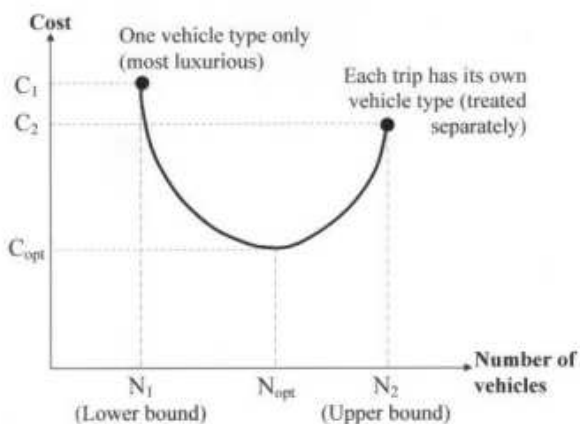
گیرد. این روش وارد کردن URDHCs را تا زمانی ادامه می دهد که تا دیگر نتواند گنجانده شود و یا یک مرز پایینی در ناوگان به حداقل برسد. مرز پایین تر $G(S)$ از تابع کسری کلی تعریف شده به صورت
$$g(t,S) = \sum d(k,t,S) \text{ where } G(S) = \max_{t \in T, T.1} g(t,S).$$
 تعیین می شود. این تابع نشان دهنده تعداد سفرهای همزمان در عمل است. در ابتدا، درس پایین در حداکثر تعداد سفرها در یک جدول بندی زمانی معین مشخص شد که در عملیات همزمان در طول افق زمان بندی قرار دارد. Stern و Ceder (1983) این حد پایینی را به $G(S') > G(S)$ بر اساس ساختار برنامه زمانی موقت، S' بهبود دادند که در آن هر سفر برای گنجاندن ارتباط های بالقوه منعکس شده توسط زمان در نظر گرفتن DH در S تمدید می شود. این حد پایین، بیشتر توسط Ceder (2002) با نگاه به گسترش های ساختگی نقاط ورود-سفر خاص بهبود یافت که تعمیم نیاز به تمام ترکیبات ممکن برای حفظ اندازه ناوگان در حد پایین را نقض می نمود.

علاوه بر این، ذکر قانون انتخاب NT (ترمینال بعدی) و روال URDHC بارزش است. انتخاب ترمینال بعدی در تلاش برای کاهش تابع حداکثر کسری بودجه ممکن است روی اصل نقض ظرفیت گاراژ تکیه کند، و یا در غیر این صورت بر روی یک ترمینال که اول ترمینال خالی، طولانی ترین است. منطق در اینجا، تلاش برای باز کردن بزرگترین فرصت برای درج سفر DH است. هنگامی که یک ترمینال K انتخاب شده باشد، این الگوریتم برای کاهش $D(k)$ با استفاده از روال های URDHC جستجو می کند. سپس تمام $d(k,t)$ به روز می شوند و قاعده NT دوباره اعمال می شود. در روال های URDHC چهار قانون وجود دارد: $R = 0$ برای قرار دادن سفر DH به طور دستی در حالت مکالمه، $R = 1$ برای قرار دادن سفر نماینده DH که دارای حداقل زمان سفر است، $R = 2$ برای قرار دادن یک کاندیدای سفر DH که خالی بودن آن از دورترین به سمت راست شروع می شود و $R = 3$ برای قرار دادن یک کاندیدای سفر DH که خالی بودن آن که در فاصله دورتری به سمت راست به پایان می رسد. در حالت اتوماتیک ($R = 1,2,3$) اگر یک سفر DH را نتوان درج نمود و تکمیل URDHC مسدود شود، این الگوریتم به فهرست نامزدهای DH روی می آورد و نامزد DH بعدی در آن لیست را انتخاب می کند.

۵.۲. چارچوب بهینه سازی مشکل برنامه ریزی زمانی نوع خودرو

این مشکل، تحت عنوان مشکل برنامه ریزی زمانی نوع خودرو ((VTSP)) مجموعه ای معین از سفرها (برنامه زمانبندی) و مجموعه M از انواع خودرو. مجموعه M در مرتبه کاهش هزینه خودرو مرتب شده است به طوری که اگر $u \in M$ بالاتر از $v \in M$ فهرست شود، بدان معنی است که $c_u > c_v$ که در آن c_u ، c_v هزینه های درگیر در استفاده از انواع خودرو U و V است. هر سفر $i \in S$ را می توان توسط نوع خودرو $u \in M$ و یا توسط انواع دیگر فهرست شده قبل از u در مرتبه ذکر شده بالای M انجام داد.

این مشکل می تواند به عنوان یک مشکل شبکه جریان-هزینه فرموله شود که در آن در هر سفر، یک گره است و یک قوس به دو سفر متصل می شود اگر، و فقط اگر، ارتباط آنها در یک توالی زمانی با و بدون اتصالات DH ممکن باشد. در هر قوس (J, I) یک ظرفیت تک واحد و C_{ij} هزینه اختصاص داده شده معین وجود دارد. اگر هزینه نوع خودرو در سطح پایین با سفر i بالاتر از هزینه های نوع خودرو (حتی اگر از یک سطح پایین تر باشد) مورد نیاز برای سفر J باشد، بنابراین $C_{ij} = C_I$. بنابراین، $C_{ij} = \max(c_i, c_j)$ استفاده از چنین فرمولی توسط $Costa$ و همکاران انجام شد (۱۹۹۵)، که سه دسته راه حل را به کار گرفتند: (a) جریان شبکه چند کالایی، (b) مشکل برنامه ریزی زمانی یک انبار خودرو و (c) مشکل پارتیشن بندی مجموعه با محدودیت های جانبی. برنامه نویسی ترکیبی - عدد صحیح این مشکلات به عنوان NP-کامل شناخته شده است همانطور که می توان به عنوان مثال، در Bertossi و همکاران. (۱۹۸۷) دید. مفاهیم فرمول-ریاضی برای رده سوم توسط (Ceder 2007، 2011) بیشتر توضیح داده شده است.



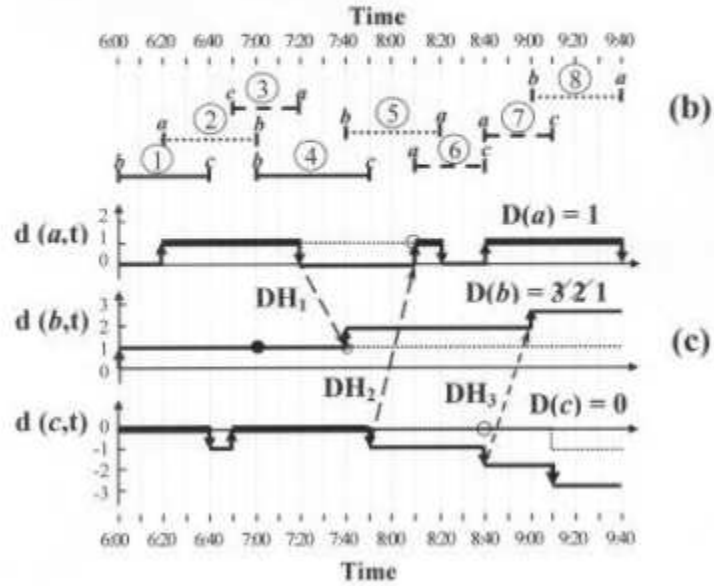
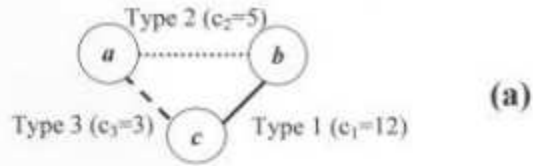
شکل ۶. چارچوب بهینه سازی

به علت پیچیدگی درگیر در رسیدن به یک راه حل بهینه برای تعداد زیادی از سفرهای S ، روش اکتشافی، یک رویکرد عملی تر در نظر گرفته شده است. روش اکتشافی، به نام الگوریتم VTSP توسعه یافته است. این الگوریتم با ایجاد مرزهای بالا و پایین برای اندازه ناوگان شروع می شود. حد بالا با ایجاد DFS های مختلف به دست می آید که هر کدام در ارتباط با نوع خودرو خاص $u \in M$ قرار دارد که فقط شامل سفرهایی می شود که نوع خودرو مورد نیاز در سطح پایین تر، U است. بدیهی است، این راه حل برنامه ریزی زمانی منعکس کننده هزینه های بالا، ناشی از تعداد زیادی از وسایل نقلیه مورد تقاضا است. مرز پایینی برای اندازه ناوگان با استفاده از تنها یک نوع خودرو به دست می آید: لوکس ترین با بالاترین هزینه که به وضوح می تواند هر سفر را در جدولبندی زمانی انجام دهد.

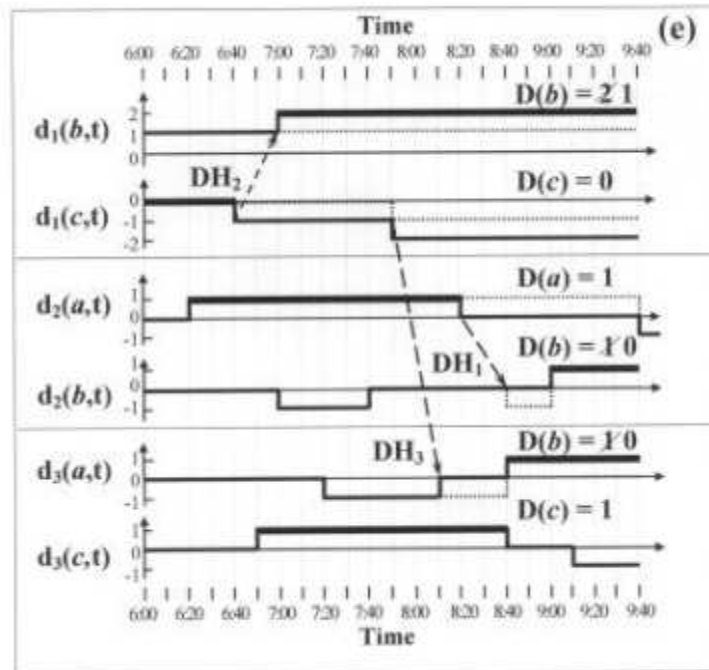
بین این حدود اندازه ناوگان، این رویه در جستجو بهترین راه حل، بر اساس خواص و ویژگی های نظریه DF است. الگوریتم VTSP، در ماهیت اکتشافی است در حالی که تمام اجزای DF را ترکیب می کند. این مورد در Ceder (2007)، (2011) به تفصیل شرح داده شده است. به دلیل ویژگی های گرافیکی مرتبط با تئوری DF، این الگوریتم را می توان در شیوه های تعاملی و یا در حالت اتوماتیک، همراه با امکان بررسی مراحل متوسط آن به کار برد. در زیر یک توصیف کلی از الگوریتم VTSP در روش گام به گام آمده است:

۵.۳. مثال

یک مثال برای نمایش عمومی الگوریتم VTSP ارائه شده است. این در شکل ۷ نشان داده است، و شامل ۸ سفر، سه ترمینال (A, B, C)، و سه نوع وسایل نقلیه، با قیمت ۱۲، ۵، و ۳ واحد هزینه، است. شکل ۷ (ب) شبکه ای از راه های ساده را ارائه می دهد که در آن زمان سفر DH بین هر دو پایانه ۲۰ دقیقه است. جدولبندی زمانی و بار سفر در شکل ۷ (ب) با توجه به نوع خودرو نشان داده شده است. DFS از الگوریتم VTSP برای مثال در شکل ۷ (C) نشان داده شده است؛ تمام سفرها در ابتدا توسط همین نوع خودرو به کار گرفته می شوند (نوع ۱).



شکل ۷. شبکه، برنامه و DFها برای این مثال



شکل ۸. راه حل حداقل هزینه

برای قرار دادن یک سفر DH، قاعده NT (مسافرت خالی اول، طولانی ترین است) اعمال می شود؛ نتیجه، انتخاب ترمینال b است. روش URDHC با $R = 2$ (شروع دورترین مسافرت خالی) و سپس نتیجه سه سفر DH است که در آن DH2 برای سطح D (a) استفاده شده است. بنابراین دو زنجیره خودرو با استفاده از -5-DH1-3-FIFO [1-3-DH1-5] و [7] و [DH2-6-DH3-8-4-2] و کل هزینه $C1 = 24$ خلق می شوند. الگوریتم VTSP همچنان با پرداخت انواع خودرو به صورت جداگانه ادامه می یابد. DF حداکثر از انواع 1 و 2 به اندازه یک، با استفاده از DH1 و DH2، به ترتیب کاهش می یابند؛ تعداد نوع 3 وسایل نقلیه یکسان باقی می ماند. بنابراین، $4 = 2 + N2 = 1 + 1$ ، و چهار زنجیره با استفاده از قانون FIFO به دست آمده است: [4 DH1-1] (نوع خودرو 1)، [DH2-8-5-2] (نوع خودرو 2) [3-7] و [6] (وسایل نقلیه نوع 3)، نتیجه، کل هزینه $C2 = 23$ است.

گام بعدی در الگوریتم VTSP مقایسه $N1=2$ با $N2=4$ و سپس حرکت به گام بعدی است. شکل 8 (به عنوان بخش e فرآیند نشان داده شده است) نشاندهنده فرآیند این گام است که دوباره قاعده NT را اعمال می کند و رویه URDHC با $R=2$ (دورترین شروع مسافرت خالی). اما این زمان با امکان درج هر سفر DH از یک DF با نوع گرانتر وسیله نقلیه به یک DF با نوع ارزانتر. اولین ترمینال انتخاب شده b است، بر اساس $d2(b,t)$ که از آن DH1 از ترمینال a تعیین می شود. سپس DFها به روز می شوند و ترمینال بعدی دوباره b، اما مرتبط با $d1(b,t)$ ؛ DH2 از ترمینال c درج می شود. ما با ترمینال انتخاب شده بعدی c بر اساس $d3(c,t)$ ادامه می دهیم؛ هرچند هیچ سفر DH نمی تواند در نقطه آغاز بازه-ماکزیمم آن درج شود. بنابراین a، مورد انتخاب شده بعدی بر اساس $d3(a,t)$ و DH3 برای رسیدن از c بر اساس $d1(c,t)$ به روز شده است. این کار، این گام را به پایان می رساند و نتیجه، سه زنجیره (FIFO) زیر است: [1-DH2-4-DH3-6] (نوع خودرو 1)، [2-5-DH1-8] (نوع خودرو 2)، [3,7] (نوع خودرو 3)، با هزینه کلی $12+5+3=20$

۶. نتیجه گیری

این کار به دو فعالیت برنامه ریزی عملیات حمل و نقل پرداخته است: توسعه جدول زمانی و زمانبندی وسایل نقلیه با انواع وسایل مخلقه مختلف. جداول زمانی جایگزین با فاصله های مساوی وسایل نقلیه ساخته نمی شوند، اما نه لزوماً بارهای مسافر مساوی یا بارهای مسافر متوسط مساوی. یک روش برای ساخت جداول زمانی با ترکیب بار و فاصله مساوی برای اندازه های چند خودرو ساخته شده است. مسئله زمانبندی خودرو بر اساس مجموعه ای معین از سفرها و انواع خودروهای ترتیب یافته در مرتبه کاهش هزینه وسیله نقلیه با استفاده از نظریه تابع-کسری است. تحلیل بیشتر نظریه تابع کسری برای گنجاندن جابجایی ممکن در زمانی های انحراف در رواداریهای مرزیافته است؛ این کار توسط Ceder و Stern (1985) معرفی شد. اساساً، معیارهای جابجایی بر اساس زمانی رواداری تعریف شده $[t_s^i - \Delta_a^i, t_s^i + \Delta_d^i]$ است که در آن Δ_a^i ماکزیمم پیشرفت زمانی حرکت زمانبندی شده سفر است (حرکت اولیه) و Δ_d^i ماکزیمم تاخیر مجاز (خروج تاخیری) است. این تحلیل جابجایی در رویه های VSTP توصیف شده توسط Ceder (2011) گنجانده می شود. نهایتاً، اعتقاد بر اینست که استفاده محتاطانه از خودروهای حمل و نقل توسط در نظر گرفتن اندازه های مختلف خودروها می تواند به ایجاد نیاز برای منابع صرفه جویی اقتصادی تر مسافرت کمک نماید.

References

- Adamski, A. (1998). Simulation support tool for real-time dispatching control in public transport. *Transportation Research*, 32A (2), 73-87.
- Bertossi, A., Carraresi, P., and Gallo, G. (1987). On some matching problems arising in vehicle scheduling. *Networks*, 17, 271-281.
- Borndorfer, R., Lobel, A., and Weider, S. (2008). A Bundle Method for Integrated Multi-Depot Vehicle and Duty Scheduling in Public Transit. *Computer-Aided Systems in Public Transport* (M. Hickman, P. Mirchandani, S. Voss, eds). *Lecture notes in economics and mathematical systems*, Vol. 600, Springer, 3-24.
- Ceder, A. (1986). Methods for creating bus timetables. *Transportation Research*, 21A (1), 59-83.
- Ceder, A. (2002). A step function for improving transit operations planning using fixed and variable scheduling. In *Transportation and Traffic Theory*, (M.A.P. Taylor, ed), 1-21, Elsevier Science.
- Ceder, A. (2007). *Public Transit Planning and Operation: Theory, Modeling and Practice*. Oxford, UK: Elsevier, Butterworth-Heinemann. This book was translated to Chinese by the Tsinghua publishing press, Beijing, China, June 2010.
- Ceder, A. (2011). Public-Transport Vehicle Scheduling with Multi Vehicle-Type", *Journal of Transportation Research*, 19C (3), 485-497.
- Ceder, A. and Stern, H.I. (1981). Deficit function bus scheduling with deadheading trip insertion for fleet size reduction. *Transportation Science*, 15 (4), 338-363.
- Ceder, A. and Stern, H.I. (1985). The variable trip procedure used in the AUTOBUS vehicle scheduler. In *Computer Scheduling of Public Transport 2*, (J.M. Rousseau, ed.), pp. 371-390, North Holland.
- Costa, A., Branco, I., and Paixao, J. (1995). Vehicle scheduling problem with multiple types of vehicles and a single depot. In *Computer-aided Transit Scheduling. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 430 (J. R. Duduna, I. Branco, and J. M. P. Paixao, eds.), pp. 115-129, Springer-Verlag.
- De Palma, A. and Lindsey, R. (2001). Optimal timetables for public transportation. *Transportation Research*, 35B, 789-813.
- Dessouky, M., Hall, R., Nowroozi, A., and Mourikas, K. (1999). Bus dispatching at timed transfer transit stations using bus tracking technology. *Transportation Research*, 7C (4), 187-208.
- Freling, R., Wagelmans, A. P. M., and Paixao, J. M. P. (2001). Models and algorithms for single-depot vehicle scheduling. *Transportation Science*, 35 (2), 165-180.
- Furth, P.G. and Wilson, N.H.M. (1981). Setting frequencies on bus routes: theory and practice. *Transportation Research Board*, 818, 1-7.
- Gallo, G. and Di-Miele, F. (2001). Dispatching buses in parking depots. *Transportation Science* 35(3), 322-330.
- Gintner, V., Klierer, N. and Suhl, L. (2008). A Crew Scheduling Approach for Public Transit Enhanced with Aspects from Vehicle Scheduling. *Computer-Aided Systems in Public Transport* (M. Hickman, P. Mirchandani, S. Voss, eds). *Lecture notes in economics and mathematical systems*, Vol. 600, Springer, 25-42.
- Huisman, D., Freling, R., and Wagelmans, A.P.M. (2004). A robust solution approach to the dynamic vehicle scheduling problem. *Transportation Science*, 38 (4), 447-458.
- Kwan R.S.K and Kwan A.S.K (2007). Effective Search Space Control for Large and/or Complex Driver Scheduling Problems. *Annals of Operations Research* 155, 417-435.
- Laplagne, L., Kwan R.S.K., and Kwan A.S.K (2009). Critical Time Window Train Driver Relief Opportunities. *Public Transport planning and Operations* 1(1), 73-85.
- Lobel, A. (1999). Solving large-scale multiple-depot vehicle scheduling problems. In *Computer-Aided Transit Scheduling. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 471 (N. H. M. Wilson, ed.), pp. 193-220, Springer-Verlag.
- Mesquita, M., Paia, A., and Respicio, A. (2009). Branching Approaches for Integrated Vehicle and Crew Scheduling. *Public Transport Planning and Operations* 1(1), 21-37.
- Newell, G. F. (1971). Dispatching policies for a transportation route. *Transportation Science*, 5, 91-105.
- Potter, S. (2003). Transport energy and emissions: urban public transport. *Handbook of transport and the environment*, D. A. Hensher and K. J. Button, Elsevier, 4, 247-263.
- Spicher, U. (2004). Skript zur Vorlesung Verbrennungsmotoren. Karlsruhe, Karlsruhe, Universitaet Karlsruhe, Institut für Kolbenmaschinen.
- Stern, H.I. and Ceder, A. (1983). An improved lower bound to the minimum fleet size problem. *Transportation Science*, 17 (4), 471-477.
- Wirasinghe, S. C. (2003). Initial planning for an urban transit system. In *Advanced Modeling for Transit Operations and Service Planning* (W. Lam and M. Bell, eds.), pp. 1-29, Pergamon Imprint, Elsevier Science Ltd.
- Zak, J. A. (2009). Multiple criteria optimization method for the vehicle assignment problem in a bus transportation company. *Journal of Advanced Transportation* 43(2) , 203-243.

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی