

یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه حمل و نقل شهری با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص

هادی کریمی (مسئول مکاتبات)، دانشجوی دکتری، دانشکده صنایع و سیستمها، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

نرگس رفیعی فروشانی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده صنایع و سیستمها، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

سیدمحمدرضا حسینی نسب، استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

سید نادر شتاب بوشهری، دانشیار، دانشکده صنایع و سیستمها، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

E-mail: h.karimidehnavi@in.iut.ac.ir

پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۰

دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۲

چکیده

ترافیک به عنوان یکی از مشکلات اصلی مناطق شهری، روزانه هزینه‌های زیادی را به جامعه تحمیل می‌کند. یکی از اثرات افزایش ترافیک شهری، شلوغی مناطق خاصی از شهرهاست که به دلایل خاص تاریخی، تفریحی و توریستی بودن، مورد اهمیت است. امروزه بدلیل پیشی گرفتن نرخ رشد تقاضای سفر از نرخ عرضه تسهیلات حمل و نقلی در شهرها، رویکرد “پیش‌بینی و تدارک” به عنوان راه حل مسئله حمل و نقل، اعتبار خود را از دست داده، و رویکردهای مدیریت ترافیک از اقبال بالایی برخوردار گردیده است. یکی از روش‌های کاهش ترافیک در مناطق خاص شهری به کمک یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه شهری ایجاد می‌شود. یکطرفه کردن خیابان‌ها طرحی است که می‌تواند باعث ممانعت از ورود وسایل نقلیه شخصی به مناطق خاص شهری و هدایت ترافیک به دیگر مناطق گردد. هدف از این مقاله، انتخاب مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه شهری جهت یکطرفه کردن با هدف خلوت نمودن مناطقی خاص در شهر است. این خیابان‌ها به گونه ای انتخاب می‌شوند که سفرهای عبوری از آن مناطق خاص را تا حد امکان کاهش داده و باعث خلوت شدن خیابان‌ها در آن مناطق خاص گردند. همچنین انتخاب این خیابان‌ها می‌بایست به گونه‌ای باشد که کمترین میزان افزایش در کل زمان سفر در شبکه را ایجاد نماید به این منظور در این مقاله، شاخصی برای یافتن خیابان‌های مهم جهت یکطرفه شدن تعریف شده است. سپس سناریوهایی از ترکیب این خیابان‌های مهم جهت یکطرفه کردن در شبکه ساخته شده و کل زمان سفر در شبکه و همچنین برای آن منطقه خاص بدست آمده است و در نهایت برای انتخاب سناریوی برتر، بعلت وجود دو تابع هدف در مسئله، از ابزارهای تصمیم‌گیری چندهدفه استفاده شده است. این الگوریتم بر روی شبکه خیابانی سوفالز اجرا شده و نتایج آن ارائه و مورد تحلیل قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت ترافیک، تخصیص ترافیک مسیر مبنای، تصمیم‌گیری چندهدفه، شبکه سوفالز

۱. مقدمه

امروزه تراکم ترافیک یکی از بزرگترین مشکلات جامعه شهری است. زمان هدر شده، انتشار آلاینده‌ها، مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیر، کاهش کیفیت محیط زیست و ...، نتایجی از تراکم ترافیک هستند [Habibian and Kermanshah, 2012]. عوارض ناشی از این تبعات، باعث نارضایتی کاربران شبکه حمل و نقل و به دنبال آن کاهش سطح کیفیت زندگی می‌شود.

امروزه به علت محدود بودن منابع مالی و زمین و همچنین تأثیرات نامطلوب زیست محیطی، امکان توسعه شبکه راه‌ها محدود بوده و به جای تأکید بر توسعه شبکه باید بر استفاده بهتر از شبکه‌های موجود تأکید کرد [Foldi and Akbari, 2008].

یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیر برای حل معضلات ترافیکی مورد استفاده فراوان قرار گرفته است، مدیریت ترافیک است. مدیریت ترافیک که شامل مدیریت تقاضای سفر و مدیریت عرضه سفر است، راهبردی است که به دنبال پیشینه کردن کارایی سیستم حمل و نقل شهری و یا بهبود وضعیت ترافیکی نواحی مختلف در شهرها با کاهش استفاده غیر ضروری از وسایل نقلیه شخصی، بهبود کارایی شبکه و گسترش سایر شیوه‌های سازگار با محیط زیست است [Broaddus and Litman, 2009].

یکی از اثرات افزایش ترافیک شهری، شلوغی مناطق مختلفی در شهرهاست که به دلایل خاصی مورد اهمیت اند. مناطقی همچون مناطق تاریخی، تفریحی همچون کناره رودخانه‌ها، مناطق مرکزی شهر و ... از جمله روش‌هایی که مدیریت ترافیک برای خلوت کردن این مناطق خاص در شهر مورد استفاده قرار داده است می‌توان از: اخذ عوارض محدود ترافیک، محدودیت تردد برحسب پلاک خودرو (طرح پلاک‌های زوج و فرد)، قیمت‌گذاری معابر، کاهش عرضه پارکینگ و افزایش قیمت پارکینگ نام برد.

از دیدگاه اجرایی ممکن است اجرای چندین سیاست در یک شهر یا بخشی از آن قابل طرح نباشد، لیکن در یک مطالعه، ۸۷ سیاست و برنامه تکمیلی مدیریت تقاضای حمل و نقل را در پنج گروه اصلی: بهبود طریقه‌های حمل و نقل غیرشخصی، تشویق به تغییر سفر شخصی به سفر غیرشخصی، مدیریت پارکینگ و کاربری

زمین، اصلاحات سیاستی و راهبردی، و برنامه‌های حمایت‌کننده تقسیم بندی کرده است [Litman, 2012]. یکی از روش‌های کاهش ترافیک در مناطق خاص شهری می‌تواند از طریق یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه شهری ایجاد شود. یکطرفه کردن خیابان‌ها، می‌تواند باعث ممانعت از ورود وسایل نقلیه به مناطق خاص شهری و هدایت ترافیک به دیگر مناطق گردد.

هدف از این مقاله، انتخاب مجموعه‌ای از خیابان‌های شهری جهت یکطرفه کردن با هدف کاهش ترافیک در مناطق خاصی از شهر است. این خیابانها به گونه ای انتخاب می‌شوند که سفرهای عبوری از آن مناطق خاص را کاهش داده و باعث خلوت شدن خیابان‌ها در آن مناطق گردند.

در راستای انجام این پژوهش در بخش دوم، مروری بر ابزارهای مدیریت ترافیک شهری جهت کاهش ترافیک در مناطق خاص انجام می‌گردد و سپس مطالعات مربوط به یکطرفه کردن خیابان‌های شهری به عنوان ابزاری در مدیریت ترافیک شهری آورده می‌شود. در بخش سوم روش انجام پژوهش در این مقاله ارائه می‌گردد. در این بخش چگونگی انتخاب مجموعه‌ای از خیابان‌های مهم جهت یکطرفه کردن آورده می‌شود. سپس روش انتخاب تعدادی خیابان از این مجموعه خیابان‌های نامزد ارائه می‌گردد. در بخش چهارم نتایج اجرای الگوریتم انتخاب خیابان‌های یکطرفه بر روی شبکه خیابانی سو فالز آورده می‌شود. و سرانجام در بخش پنجم بحث و نتیجه‌گیری ارائه می‌شود.

۲. مروری بر ادبیات

مدیریت ترافیک دو وظیفه عمده دارد: اولاً، از ایجاد سفرهای غیر ضروری جلوگیری شود و ثانیاً، از تسهیلات ارائه شده به نحو بهینه استفاده گردد. مورد اول به مدیریت تقاضای سفر معروف است که به نحوی با انجام اقداماتی مدیریتی، سعی در کاهش تقاضای سفر دارد. مورد دوم به "مدیریت عرضه" معروف است که با انجام اقداماتی باعث استفاده بهینه از تسهیلات (عرضه) ارائه شده در سیستم می‌شود.

یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه حمل و نقل شهری با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص

درواقع به دنبال کمینه کردن زمان سفر بین هر جفت از مبدأ و مقصد با انتخاب ترکیبی از کمان‌های یکطرفه و دوطرفه بودند. این پژوهشگران برای حل مسئله خود از الگوریتم فراابتکاری جستجوی ممنوعه^۱ استفاده کردند. این محققان روش خود را بر روی دو شبکه تصادفی اجرا کردند و اذعان داشتند که روش ارائه شده توسط آنها تاثیر بسزایی در حل مسئله داشته‌است.

درنزر و وسولوسکی در سال ۲۰۰۳ به معرفی مسئله طراحی شبکه‌ی جدیدی پرداختند [Drezner and Wesolowsky, 2003]. شبکه‌ای که دارای تعدادی کمان بالقوه است که با صرف هزینه این کمانها می‌توانند ساخته شوند و در صورت ساخته شدن، می‌توانند به صورت یکطرفه و یا دوطرفه بکار گرفته شوند. هدف آنها کمینه کردن مجموع هزینه‌های ساخت و ساز و هزینه حمل و نقل در شبکه بوده است. این پژوهشگران گزارش می‌کنند که با وجود تمامی این حالتها، ۴ مسئله پایه ایجاد می‌شود که توسط الگوریتم کاهش^۲، شبیه‌سازی تبرید، جستجوی ممنوعه و الگوریتم ژنتیک به حل آن پرداختند که در این میان، الگوریتم ژنتیک عملکرد بهتری از دیگر الگوریتم‌ها داشته است.

کلمن و استیون در سال ۲۰۰۴، پس از بازشماری مزایا و معایب یکطرفه کردن خیابان‌ها، به برشمردن تعدادی عامل برای سنجش وضعیت خیابان‌های یکطرفه پرداختند و با امتیاز دهی از نمره ۱- 5 تا +5 و جمع نمرات برای هر یک از خیابان‌های یکطرفه در شهر اوکلند، نامزدهای تغییر به خیابان دوطرفه را مشخص کردند. شاخص‌های ارزیابی معرفی شده توسط این پژوهشگران به صورت زیر است [Colman and Steven, 2004].

- ۱- حجم ترافیک در ساعات اوج شلوغی
- ۲- اتصال به آزادراه
- ۳- سازگاری در کاربری زمین
- ۴- دسترسی خیابان موازی با ظرفیت بالا
- ۵- امکانات حمل و نقل عمومی
- ۶- عرض مناسب خیابان ۷
- ۷- دسترسی به شبکه
- ۸- هماهنگی در علامات.

مدیریت تقاضای سفر می‌تواند به عنوان مجموعه‌ای از معیارها برای تحت تاثیر قرار دادن رفتار مسافران به منظور کاهش یا بازتوزیع زمانی یا مکانی تقاضای سفر توصیف شود. امروزه رویکرد مدیریت تقاضای سفر، به عنوان ابزاری برای رسیدن به حمل و نقل پایدار مورد توجه قرار گرفته است که هدف اصلی آن استفاده مؤثر از تسهیلات حمل و نقلی است [Litman, 2013]. مجموعه فعالیت‌هایی که به نحوی در مدیریت شهری باعث استفاده بهینه از امکانات و تسهیلات موجود در شهرها (سیستم حمل و نقل عمومی، شبکه معابر و...) می‌گردد، مدیریت عرضه نامیده می‌شود. در مدیریت عرضه، با اجرای روشهای مدیریت، محدودیت و ممنوعیت سطح سرویس مناسب‌تری برای کاربران سیستم ایجاد می‌شود. رایج‌ترین فعالیتهایی که در این زمینه صورت می‌گیرند عبارتند از: توسعه استفاده از حمل و نقل همگانی، اصلاح حمل و نقل شخصی، ساماندهی شبکه خیابانی، ساماندهی حمل بار، استفاده از حمل و نقل غیرموتوری، ایجاد قوانین و مقررات، اعمال مقررات، و آموزش.

درنزر [Drezner, 1997] مسئله یافتن پیکربندی بهینه خیابان‌های یکطرفه در یک شبکه خیابانی را با هدف کمینه کردن کل زمان سفر استفاده کنندگان مطرح نمود. این پژوهشگر برای حل مسئله خود از سه روش استفاده کرد. روش اول، روشی دقیق بر مبنای الگوریتم شاخه و کران است که قابلیت حل مسائل کوچک را دارا است. روش دوم، یک راه حل ابتکاری بوده و در نهایت روش سوم از الگوریتم فراابتکاری شبیه‌سازی تبرید برای حل مسئله استفاده می‌کند. مسئله برای شبکه‌های با ابعاد کوچک تا بزرگ توسط الگوریتم‌های مطرح شده حل شد و نشان داده شد که الگوریتم دقیق برای شبکه‌های با ابعاد کوچکتر زمان حل معقول‌تری را ارائه می‌دهد، اما برای شبکه‌هایی با ابعاد بزرگتر مانند شبکه‌هایی با ۴۰ گره و ۹۹ کمان قادر به رسیدن به جواب بهینه نبوده و برای این مسائل فقط الگوریتم ابتکاری جواب مناسبی می‌دهد.

درنزر و سالهی [Drezner and Salhi, 2000] به بررسی مسئله طراحی یک پیکربندی نزدیک به بهینه شامل مسیرهای یکطرفه و دوطرفه با همان تابع هدف درنزر و وسولوسکی پرداختند. آنها

که تقارن در تعداد لاین‌های خیابانهای دوطرفه در صورت افزایش لاین وجود داشته باشد و دوم در حالتی که این تقارن وجود نداشته باشد. این پژوهشگران سپس به حل مسئله یاد شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک و الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تدریجی پرداختند.

سالسدوسانز و همکاران [Salcedo-Sanz et al. 2013] استفاده از سیستمهای بهینه‌سازی هوشمند را به عنوان روش مهمی در بهبود عملکرد زیرساخت‌های شهری عنوان کردند و مسئله‌ای را مطرح نمودند. آنها در این مسئله بر روی پیکربندی مجدد خیابان‌های یکطرفه در شهر بعد از یک اتفاق مهم مانند راه‌بندان طولانی برای فراهم کردن مسیریایی که حرکت روان شهروندان را تضمین کند، تمرکز کرده و روش حل دو هدفه‌ای بر اساس الگوریتم جستجوی هارمونی ارائه دادند.

در ایران نیز میرجلالیه به طراحی شبکه خیابان‌های یکطرفه با استفاده از الگوریتم SA برای شهر شیراز پرداخت [Mirjalalieh, 2001]. او در کار خود تلاش کرده تا با استفاده از نظرات کارشناسی، محدودیت‌های گوناگونی را برای شبکه در نظر گیرد و نتایج حاصل از اجرای الگوریتم را نسبت به روش رایج گزینه‌سازی با بهبود قابل توجهی گزارش کرده است.

حسینلو و همکاران [Hosseinlo, Sharifian and Pakroshan, 2010] به بررسی وضعیت ترافیکی خیابان دستغیب در تهران، حد فاصل استاد معین و بزرگراه آیت اله سعیدی، پرداختند. آنها ابتدا اطلاعات ترافیکی مربوط به منطقه را که به صورت میدانی جمع‌آوری شده بود و همچنین اطلاعات فیزیکی مرتبط را بررسی کرده و با موقعیت سنجی و قضاوت مهندسی، برای روان‌سازی و کم‌کردن تأخیر به شبیه‌سازی ترافیک با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز Corsim پرداختند.

مطلق و همکاران [Motlagh, Geravand and Fadavi, 2010] تاثیر یکطرفه شدن خیابان ولیعصر تهران را مورد بررسی قرار دادند. محققان این پروژه برای ارزیابی تاثیر اجتماعی با مراجعه به ذینفعان طرح در چهار گروه ساکنان، اصناف و کسبه، رانندگان و عابران و با نظرسنجی و مصاحبه با آنان ابعاد مختلف پیامدهای طرح را مورد بررسی قرار دادند.

این پژوهشگران بیان می‌کنند که تغییر جهت بی‌هزینه نیست و باید در این تصمیم بسیار سخت‌گیرانه عمل نمود.

آتول در سال ۲۰۰۵ دو موضوع آلودگی هوا و امنیت را در ارتباط با خیابان‌های یکطرفه بررسی کرده است [O'Toole, 2005]. او در مقاله خود اذعان می‌دارد که اتومبیل‌ها در سرعت کم بیشتر از سرعت‌های بالا آلودگی ایجاد می‌کنند و در حالت توقف و حرکت^۳ پیاپی که در خیابان‌های دوطرفه شاهد آن هستیم، قطعاً آلودگی زیادی بوجود خواهد آمد و آلودگی در مرکز شهر با خیابان‌های دوطرفه نسبت به خیابان‌های یکطرفه، ۱۰ تا ۱۳ درصد بالاتر است. این پژوهشگر در مورد مقایسه ایمنی خیابان‌های یکطرفه و دوطرفه با بررسی نتایج تبدیل خیابانهای دوطرفه به یکطرفه در بعضی از شهرهای آمریکا، به این نتیجه رسیده است که تصادفات با عابر پیاده در خیابان‌های دوطرفه بسیار بیشتر از خیابان‌های یکطرفه بوده است و تفکری که خیابان‌های دوطرفه را به علت سرعت پایین تر، ایمن تر از خیابان‌های یکطرفه می‌داند اشتباه دانسته است.

ژینگ و لی [Jing and Li, 2009] سه سناریو برای یکطرفه کردن برخی از خیابان‌ها در شهر کانمینگ در چین را مورد مطالعه قرار دادند. مشکل عمده این خیابان‌ها بالا بودن ازدحام ترافیکی بوده است. آنها برای سنجش اثر یکطرفه کردن خیابان‌ها، دو عامل شلوغی خیابان و میزان تأخیر در سفر را، قبل و بعد از یکطرفه شدن مورد بررسی قرار دادند. نرخ اشباع خیابانها با اجرای هر سه سناریو کمتر از زمانی شد که خیابان‌ها یکطرفه نشده اند و همچنین میزان تأخیر در زمان سفر، در هر سه سناریو کمتر از قبل گردید. این پژوهشگران در نهایت سه سناریو را با هم مقایسه کرده و سناریوی برتر را معرفی کردند.

میاندوآبچی و فراهانی [Miandoabch and Farahani, 2011] مسئله طراحی شبکه شهری را به صورت تعیین جهت‌های خیابان‌ها و افزودن لاین اضافی به آنها براساس نظریه ظرفیت ذخیره مطرح کردند. هدف از این مسئله پیدا کردن بهترین پیکربندی از ترکیب جهت‌های خیابان‌ها و تخصیص لاین اضافی به خیابان‌هاست، به طوری که ظرفیت ذخیره شبکه بیشینه شود. این محققان مسئله را در دو حالت در نظر گرفتند: اول در حالتی

یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه حمل و نقل شهری با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص

خاص از شهر است. این مجموعه خیابان به گونه ای انتخاب می‌شود که سفرهای عبوری از آن منطقه خاص را کاهش داده و باعث خلوت شدن خیابان‌ها در آن منطقه گردد. بنابراین شاخص‌های زیر می‌توانند معیارهای خوبی جهت انتخاب مجموعه خیابان‌های شهری جهت یکطرفه کردن باشند. مجموعه خیابان‌های یاد شده به گونه‌ای انتخاب می‌گردند که یکطرفه کردن آنها:

۱. کمترین میزان افزایش در کل زمان سفر در شبکه را ایجاد نماید.
 ۲. کل زمان سفر در خیابان‌های منطقه خاص مورد نظر را تا حد امکان کاهش دهد.
 ۳. از نظر اجتماعی پیامدهای زیادی را در شهر ایجاد نکند.
- روش پیشنهادی برای حل مسئله مذکور دارای شش گام می‌باشد که این گام‌ها در شکل (۱) نشان داده شده‌اند. در ادامه هر یک از این گام‌ها به صورت جداگانه توضیح داده خواهد شد.

با بررسی ادبیات موضوع می‌توان به این نکته رسید که بیشتر مطالعات یکطرفه کردن خیابان‌ها عموماً به منظور روان‌سازی ترافیک و افزایش ظرفیت خیابان‌ها صورت گرفته است. در این مقاله، از سیاست یکطرفه کردن مجموعه ای از خیابان‌های شهر برای کاهش ترافیک در منطقه‌ای خاص در آن شهر استفاده شده است. با توجه به این موضوع که جریان ورودی به یک منطقه شهری، شامل جریان عبوری از آن منطقه هم می‌شود، سیاست یکطرفه کردن مجموعه ای از خیابان‌های شهری می‌تواند به عنوان ابزاری برای کاهش سفرهای عبوری از منطقه مورد نظر بکار گرفته شود.

۳. روش پیشنهادی

هدف از انجام این مقاله، انتخاب مجموعه‌ای از خیابان‌های شهری جهت یکطرفه کردن با هدف خلوت نمودن منطقه‌ای



شکل ۱. روش پیشنهادی برای حل مسئله مورد نظر

۳-۱ گام اول: انتخاب خیابانهای نامزد برای یکطرفه

کردن

همانطور که در بخش اول بیان گردید، در یک شهر مناطقی وجود دارد که خاص بوده و ایجاد شلوغی و ازدحام ترافیکی در خیابانهای واقع در آن مناطق مطلوب نیست. برای حل مشکل شلوغی در این مناطق، می‌بایست با استفاده از مدیریت عرضه در شبکه، نوعی محدودیت برای ورود جریانهای ترافیکی به این مناطق ایجاد کرد و در نتیجه از میزان شلوغی این مناطق کاست. در این مقاله راهکار یکطرفه کردن بعضی از خیابانهای شبکه برای رسیدن به این هدف برگزیده شده است. به طور کلی ترافیک عبوری در هر منطقه به چهار دلیل ایجاد می‌شود:

(الف) سفر از مبدأیی در خارج از آن منطقه به مقصدی داخل آن.
(ب) سفر از مبدأیی داخل آن منطقه به مقصدی در خارج آن.
(ج) سفر از مبدأیی داخل آن منطقه به مقصدی داخل آن.
(د) سفر از مبدأیی خارج از آن منطقه به مقصدی در خارج از آن.

در سه حالت اول مبدأ و یا مقصد سفر در منطقه خاص واقع شده است، بنابراین سفر به، و یا، از منطقه خاص ضروری است و نمی‌توان جریان ترافیکی این گونه سفرها را طوری منحرف نمود که وارد منطقه خاص نشوند. اما در حالت چهارم که هم مبدأ و هم مقصد سفر در خارج از منطقه خاص واقع شده و عبور از منطقه خاص فقط بدلیل سهولت و یا کاهش طول مسیر و یا زمان سفر صورت می‌پذیرد، می‌توان تا حد امکان این دسته از سفرهای عبوری از آن منطقه خاص را از بین برد. یعنی می‌توان تا حد امکان از سفرهایی که نه مبدأشان و نه مقصدشان در داخل آن منطقه هستند جلوگیری کرده و در نتیجه سهمی از ترافیک در منطقه خاص را کاهش داد.

راهکاری که در این مقاله برای جلوگیری از سفرهای عبوری از منطقه خاص بکار گرفته شده، تعیین خیابانهایی از شبکه خیابانی جهت یکطرفه کردن است. این خیابانها به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که یکطرفه کردن آنها ضمن حذف بسیاری از سفرهای عبوری از آن منطقه خاص، کمترین اثر را بر روی عملکرد کل شبکه و وضعیت اجتماعی شهر داشته باشد. لذا لازم است معیار و شاخصی برای شناسایی خیابانهای مهم برای یکطرفه شدن

تعریف شود تا به کمک آن بتوان زیرمجموعه‌ای از کمانهای شبکه را جهت یکطرفه کردن نامزد نمود و انتخاب از میان این مجموعه نامزد صورت گیرد. زیرا اگر شبکه‌ای دارای n کمان باشد و همه کمانهای آن جهت یکطرفه شدن نامزد باشند، به صورت شمارش کامل می‌بایست 2^n زیرمجموعه کمان جهت یکطرفه شدن بررسی شود و مشخص است که این فرایند، پروسه‌ی بسیار زمان‌بری خواهد داشت، بنابراین تعریف شاخصی برای شناسایی اولیه خیابانهای مهم جهت یکطرفه شدن، راهکار مناسبی می‌باشد.

همانطور که در بالا توضیح داده شد، هدف اصلی این مقاله ارائه روشی جهت کاهش میزان ازدحام ترافیکی در منطقه‌ی خاصی در شهر توسط حذف سهمی از ترافیک عبوری از آن منطقه است. ترافیکی که تنها به علت سهولت عبور و نزدیکی به مقصد ایجاد شده است. برای اینکه بتوان این میزان شلوغی را از منطقه مورد نظر حذف نمود، بهتر است اهمیت هرکدام از خیابانهای شبکه در ایجاد این شلوغی مشخص گردد. یک شاخص اولیه خوب برای تعیین اهمیت یک کمان مانند کمان a در این ارتباط می‌تواند مجموع سفر-ساعت سفرهای عبوری از آن منطقه خاص باشد که در مسیر حرکتشان از کمان a می‌گذرند. به این صورت که هر خیابانی که مقدار این شاخص برای آن بیشتر باشد، دارای اهمیت بیشتری است و سفر-ساعت عبوری بیشتری از منطقه خاص را از خود عبور می‌دهد، در نتیجه سهم بیشتری در شلوغی آن منطقه خاص دارد، بنابراین اگر بتوان خیابانهایی با میزان اهمیت بالاتر را در جهت خلاف اهمیت آن یکطرفه کرد، گام مهمی در خلوت کردن آن منطقه خاص برداشته شده است.

گامهایی که برای یافتن اهمیت کمانهای شبکه باید انجام داد در زیر آمده است، اما قبل از توضیح گامهای لازم جهت یافتن کمانهای مهم (نامزد) برای تغییر جهت لازم است الگوریتم تخصیص ترافیک فرانک-ولف توضیح داده شود. با تغییراتی که در الگوریتم یاد شده انجام می‌دهیم، خواهیم توانست ماتریسهای تخصیص β را بدست آورده و به کمک ماتریسهای یاد شده کمانهای مهم را مشخص کنیم.

یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه حمل و نقل شهری با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص

۳-۱-۱ الگوریتم تخصیص ترافیک فرانک-ولف

الگوریتم ترکیب کوژ در سال ۱۹۵۶ توسط فرانک و ولف به عنوان روشی برای حل مسائل برنامه‌ریزی غیرخطی با محدودیت‌های خطی و تابع هدف محدب پیشنهاد و به الگوریتم فرانک-ولف مشهور شد.

مسئله بهینه‌سازی زیر را در نظر بگیرید:

$$\text{Min} Z(x) \quad (1)$$

$$\sum_i h_{ij} y_i = b_j \quad \forall j \in J \quad (2)$$

که در آن J مجموعه محدودیت‌های مسئله است.

الگوریتم فرانک-ولف یک روش تکراری بر پایه‌ی یافتن جوابی امکان‌پذیر است که حرکت به سمت آن جواب از جواب امکان‌پذیر فعلی، بیش‌ترین کاهش را در تابع هدف ایجاد نماید. اگر γ جواب امکان‌پذیری باشد که در پی یافتن آن هستیم، می‌توان نشان داد که این جواب در تکرار n ام از حل مسئله زیر به دست می‌آید:

$$\text{Max} -\nabla Z(x^n)(y - x^n)^t \quad (3)$$

$$\sum_i h_{ij} y_i = b_j \quad \forall j \in J \quad (4)$$

با توجه به این‌که مسئله اخیر یک مسئله خطی است بنابراین جواب y^n به دست آمده در مرز ناحیه‌ی امکان‌پذیر واقع است و بنابراین جواب یاد شده، مرز گام حرکت را نیز مشخص می‌کند. به این ترتیب برای تعیین بزرگی گام α_n در حرکت از x^n (جواب فعلی) به y^n در جهت $y^n - x^n$ کفایت مسئله زیر حل شود:

$$\text{Min} Z(x^n + \alpha(y^n - x^n)) \quad (5)$$

$$0 \leq \alpha \leq 1 \quad (6)$$

و بدین ترتیب جواب امکان‌پذیر بعدی به صورت:

$$x^{n+1} = x^n + \alpha_n(y^n - x^n) \quad (7)$$

قابل دست‌یابی است.

دستور حل الگوریتم فرانک-ولف در زیر آمده است:

گام ۰ (مقداردهی اولیه): یک جواب امکان‌پذیر x^0 بیابید.

گام ۱ (جهت‌یابی): γ^n را چنان بیابید که جواب مسئله زیر

باشد:

$$\text{Min} \nabla Z(x^n) y^t \quad (8)$$

$$\sum_i h_{ij} y_i = b_j \quad \forall j \in J \quad (9)$$

گام ۲ (تعیین بزرگی گام): α_n را چنان بیابید که جواب مسئله

زیر باشد:

$$\text{Min} Z(x^n + \alpha(y^n - x^n)) \quad (10)$$

$$0 \leq \alpha \leq 1 \quad (11)$$

گام ۳ (حرکت): جواب جدید را به شرح زیر بیابید:

$$x^{n+1} = x^n + \alpha_n(y^n - x^n) \quad (12)$$

گام ۴ (آزمون همگرایی): اگر ضابطه همگرایی برقرار بود

پایان، در غیر این صورت قرار دهید $n = n + 1$ و به گام ۱ بروید.

کاربرد روش فرانک-ولف در حل تخصیص ترافیک

با به‌کار بردن الگوریتم فرانک-ولف برای تابع هدف، می‌توان نشان داد که گام جهت‌یابی در الگوریتم فوق معادل انجام تخصیص ترافیک همه یا هیچ با توجه به زمان سفر به‌روز شده در کمان‌هاست. الگوریتم فرانک-ولف یکی از الگوریتم‌هایی است که به صورت فراگیری در حل مساله تخصیص ترافیک در حل مسایل حمل و نقل بکار گرفته می‌شود.

۳-۱-۲ تعریف ماتریس تخصیص β^n

ماتریس تخصیص β^n یک ماتریس با المان‌های صفر و یک است که تعداد ردیف‌های آن برابر تعداد کمان‌های شبکه و تعداد ستون‌های آن برابر تعداد مبدأ-مقصد‌های شبکه است و از نتایج تخصیص ترافیک همه یا هیچ به شبکه در گام ۱ تکرار n ام الگوریتم تخصیص ترافیک فرانک-ولف محاسبه می‌گردد. المان β_{aw}^n برابر مقدار یک است اگر در تکرار n ام، تقاضای مبدأ-مقصد w در گام یاد شده از کمان a بگذرد و صفر است در غیر اینصورت.

۳-۱-۳ الگوریتم تعیین اهمیت خیابان‌های شبکه در ارتباط با

یکطرفه شدن

فرض کنید $N(V, A)$ شبکه‌ای مفروض با مجموعه گره‌های V و مجموعه کمان‌های A می‌باشد. W مجموعه مبدأ-مقصد‌های شبکه و OD ماتریس تقاضای سفر مربوط به آن است.

A' مجموعه کمان‌هایی از شبکه است که در منطقه خاص

واقع است.

W'' مجموعه مبدأ-مقصدهایی از شبکه می باشد که مبدأ و مقصد آن در منطقه خاص قرار ندارد.

گام صفر:

ماتریس تقاضای سفر OD را به شبکه $N(V, A)$ به کمک الگوریتم تخصیص ترافیک فرانک-ولف تخصیص داده و حجم ترافیک تعادلی بر روی کمان های شبکه (v^*) را بدست آور و از روی آن زمان سفر تعادلی در کمان های شبکه (t^*) را محاسبه کن.

گام ۱:

ماتریس تقاضای سفر OD را به شبکه $N(V, A)$ به کمک الگوریتم تخصیص ترافیک فرانک-ولف تخصیص داده ولی این بار در گام ۱ این الگوریتم در هر تکرار (مثلاً m بار)، ماتریس تخصیص β^n را محاسبه کن.

گام ۲:

میزان اهمیت کمان های شبکه در ارتباط با پتانسیل یکطرفه شدن از رابطه (۱۳) پیدا کن:

$$imp_a = \quad (13)$$

$$\sum_{n=1}^h \alpha_n \sum_{w \in W''} (\beta_{aw}^n \times OD_w \times \sum_{c \in A'} (\beta_{cw}^n \times t_c^*))$$

imp_a میزان اهمیت کمان a در شبکه، همان شاخص مورد

نظر یعنی زمان سفر مسافرین عبوری از آن منطقه خاص می باشد که در مسیر حرکتشان از کمان a می گذرند. w مبدأ-مقصد، h تعداد تکرار در روش فرانک-ولف، t_c^* زمان تعادلی سفر در کمان c می باشد و α_n پارامتری است که در تکرار n ام گام دوم الگوریتم فرانک-ولف محاسبه می گردد.

۳-۲ گام ۲: ساخت سناریوهای امکان پذیر

پس از محاسبه ی میزان اهمیت هر کمان با استفاده از رابطه ی (۱۳)، تعدادی کمان که دارای اهمیت بالاتری برای تغییر جهت هستند را انتخاب کرده و در مجموعه خیابان نامزد جهت تغییر جهت قرار می دهیم. اگر تعداد کمان های نامزد l باشد، از آنجایی که لزوماً یکطرفه کردن خیابانی با بالاترین درجه اهمیت، بهترین زمان سفر در کل شبکه و همچنین منطقه خاص را ایجاد نمی کند و ممکن است ترکیب چند خیابان با یکدیگر شرایط بهینه را فراهم کند، در نتیجه بهتر است یکطرفه کردن تعدادی خیابان به

صورت هم زمان مورد بررسی قرار گیرد. اما از آنجا که یک جهت کردن تعداد زیادی خیابان به صورت هم زمان دارای بازخوردهای منفی از طرف جامعه خواهد بود، لذا هر چه این تعداد محدودتر باشد، تبعات اجتماعی کمتری را بدنبال خواهد داشت. اگر تغییر جهت حداکثر c کمان از l کمان با اهمیت مورد نظر باشد، آنگاه تعداد سناریوهای مورد ارزیابی از رابطه ی (۱۴) بدست می آید.

$$Total\ scenarios: \binom{l}{0} + \binom{l}{1} + \dots + \binom{l}{c} \quad (14)$$

البته سناریوهای امکان پذیر از این مجموعه مورد بررسی قرار می گیرند، بدین معنی که با یکطرفه کردن مجموعه ای از خیابانهای شبکه امکان انجام سفر بین همه مبدأ-مقصدها وجود داشته باشد.

۳-۳ گام ۳: حل مسئله تخصیص ترافیک برای

سناریوهای امکان پذیر

بعد از تعیین مجموعه سناریوهای امکان پذیر از دیدگاه تکنیکی و اجتماعی، لازم است برای هر سناریو به صورت جداگانه مسئله تخصیص ترافیک در شبکه حل شود تا از این طریق تاثیر هر سناریو بر جریان تعادل در شبکه مشخص گردد. به این منظور می توان از الگوریتم پر کاربرد فرانک-ولف استفاده نمود.

۳-۴ گام ۴: محاسبه مقادیر توابع هدف به ازای هر

سناریو

پس از حل مسئله تخصیص ترافیک برای هر سناریو، جریان تعادل در شبکه مشخص گردیده و می توان با استفاده از آن مقدار دو شاخص زیر را به عنوان توابع هدف اصلی مسئله محاسبه کرد:

- مجموع زمان سفر در کل شبکه
- مجموع زمان سفر در منطقه خاص مورد نظر

۳-۵ گام ۵: یافتن مرز پارتوی مسئله

با مقایسه مقادیر توابع هدف سناریوهای مختلف، می توان دریافت برخی سناریوها بر سناریوهای دیگر غلبه دارند. سناریوی A بر سناریوی B غالب نامیده می شود، در صورتی که در هر دو شاخص مورد نظر بهتر باشد، و یا اینکه در یک شاخص وضعیت بهتری داشته باشد و در شاخص دیگر بدتر نباشد. از آنجا که هر دو شاخص مورد نظر از نوع کمینه سازی

یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه حمل و نقل شهری با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص

تصمیم‌گیری چندهدفه^۷ (MODM) روش‌های مختلفی برای شناسایی نقاط برتر از بین نقاط واقع بر مرز پارتو ارائه شده است. گاهی اوقات این روش‌ها با عنوان روش‌های پس-بهینه^۸ شناخته می‌شوند [Deb, 2001]. یکی از جذاب‌ترین این روش‌ها، شناسایی نقطه زانویی^۹ مرز پارتو است که در این تحقیق از آن برای تعیین جواب برتر مسئله استفاده می‌شود. در ادامه مفهوم نقطه زانویی و روش شناسایی آن تشریح می‌گردد.

اغلب در مسائل بهینه‌سازی چندهدفه، تصمیم‌گیرندگان تمایل دارند تا نقطه‌ای را در وسط مرز پارتو انتخاب نمایند. این نقطه عموماً جایی است که مرز پارتو "بیشترین برآمدگی یا تورم را دارد" [Das, 1999]. این نقطه در اصطلاح، نقطه زانویی نامگذاری شده است. نقطه زانویی از یک سو بیانگر یک سازش مناسب میان اهداف مختلف است، و از سوی دیگر نشان‌دهنده جوابی با نرخ حاشیه‌ای جابجایی بزرگ است. از این رو نقطه زانویی می‌تواند به عنوان جوابی روی مرز پارتو که دارای بیشترین جذابیت است، معرفی شود. در یک مسئله با دو تابع هدف، داس [Das, 1999] نقطه زانویی را نقطه‌ای معرفی می‌کند که بیشترین فاصله را از خطی که نقاط انتهایی مرز پارتو را به یکدیگر متصل می‌کند، داراست (شکل ۲). همانگونه که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، دور شدن از نقطه زانویی منجر به افت زیاد یک هدف در مقابل کمی بهبود در هدف دیگر می‌شود.

۴. نتایج عددی

در این بخش ضمن معرفی شبکه حمل و نقل شهری سوافالز الگوریتم یکطرفه کردن بخشی از خیابان‌های شبکه به منظور کاهش ترافیک در مناطق خاص آنها اجرا شده و در ادامه نتایج حاصل از الگوریتم اجرا شده، ارائه می‌شود.

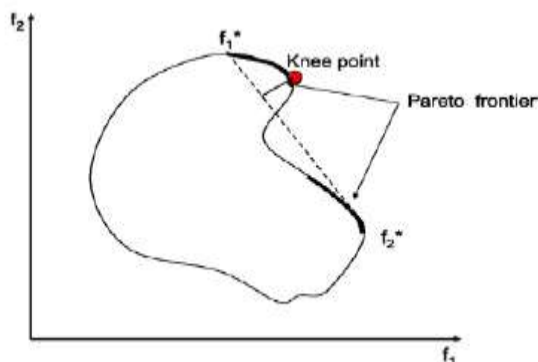
شکل (۳) شبکه خیابانی سوافالز، بزرگترین شهر در ایالت داکوتای جنوبی را نشان می‌دهد. شبکه سوافالز شبکه‌ای با اندازه متوسط با ۲۴ گره و ۳۸ خیابان (۷۶ کمان) و مجموعاً ۵۷۶ زوج مبدأ-مقصد است که به عنوان شبکه‌ای آزمایشی در مطالعات حمل و نقلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اطلاعات مربوط به مشخصه کمانها و ماتریس مبدأ-مقصد سوافالز از منبع [LeBlanc, 1975] استخراج شده است.

هستند، مقدار کمتر یک شاخص نشان‌دهنده وضعیت بهتر می‌باشد. با مقایسه دو به دوی سناریوها و حذف سناریوهایی که حداقل یک بار توسط سناریوهای دیگر مغلوب شده‌اند، مجموعه‌ای از سناریوها باقی خواهند ماند که با عنوان مجموعه جواب‌های (سناریوهای) کارا^{۱۰} یا نامغلوب^{۱۱} مسئله شناخته می‌شوند. مجموعه جواب‌های نامغلوب مسئله، مرز پارتوی^{۱۲} مسئله را مشخص می‌کنند. از این رو، مرز پارتوی یک مسئله نشان‌دهنده جواب‌هایی است که نسبت به سایر جواب‌های مسئله برتری دارند. به عبارت دیگر، از یک سو هر جواب خارج از مرز پارتوی مسئله، حداقل مغلوب یکی از جواب‌های روی مرز پارتو خواهد بود و از سوی دیگر، هیچ یک از جواب‌های روی مرز پارتو بر دیگری غلبه ندارد.

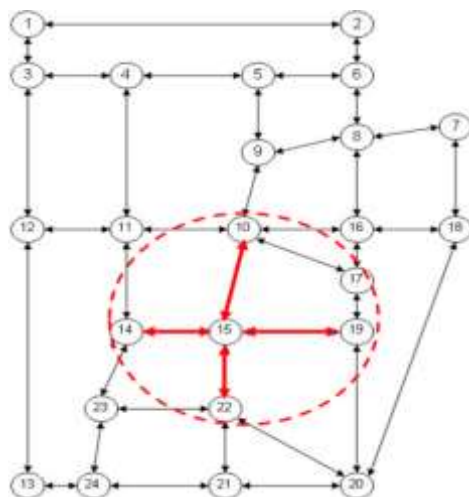
۳-۶ گام ۶: انتخاب جوابهای برتر از روی مرز پارتو

وقتی تعداد نقاط روی مرز پارتو زیاد باشد، می‌توان ابتدا با در نظر گرفتن یک شاخص ثانویه تعداد آنها را کاهش داد. از جمله شاخص‌های ثانویه برای مسئله موردنظر، می‌توان از حداکثر تغییرات در زمان سفر کل و زمان سفر در منطقه خاص نام برد. به عنوان مثال با یکطرفه کردن برخی کمان‌ها در شبکه، به علت ایجاد نوعی محدودیت، ممکن است زمان سفر کل شبکه هم بیشتر شود. نکته‌ای که باید مورد توجه قرار بگیرد این است که مقدار افزایش در زمان سفر کل در شبکه تا چه میزان قابل قبول است؟ مثلاً اگر طبق نظر کارشناسان حمل و نقل، افزایش زمان سفر کل در شبکه بیش از میزان ۱۰٪ با یکطرفه کردن برخی کمان‌ها منطقی بوده و توجیهی نداشته باشد، بنابراین بعد از شناسایی سناریوهای نامغلوب، سناریوهایی که زمان سفر کل شان به میزان ۱۰٪ بیشتر از حالت پایه شبکه، یعنی زمانی که تغییری در جهت هیچ یک از کمان‌ها داده نشده، است بررسی می‌شوند و سناریوهایی با زمان سفر بیشتر مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. با این روند، سناریوهای مورد بررسی برای تصمیم‌گیری نهایی غربال شده و تعداد کمتری برای انتخاب باقی می‌مانند.

هر چند جواب‌های پارتوی یک مسئله به لحاظ ریاضی بر یکدیگر برتری ندارند، اما بدان معنا نیست که این جواب‌ها به یک اندازه برای تصمیم‌گیرنده جذاب می‌باشند. بدین منظور، در ادبیات موضوع



شکل ۲. نقطه زانویی در مرز پارتو در یک مسئله بیشینه‌یابی



شکل ۳. شبکه سوفالز به همراه منطقه‌ی خاص منتخب در آن

۴-۱ انتخاب منطقه خاص

در ابتدا می‌بایست منطقه خاص را مشخص کرد. عموماً در نواحی مرکزی شهر، تراکم و شلوغی بسیار به چشم می‌خورد، ازین رو فرض می‌شود که منطقه‌ی خاص انتخابی در شبکه سوفالز منطقه‌ای است که در مرکز شهر قرار دارد (منطقه واقع در دایره، شکل ۳). ۱۵ گره کاملاً داخل منطقه خاص قرار دارد و کمان‌هایی که با گره ارتباط دارند، همگی کاملاً داخل منطقه خاص واقع شده‌اند.

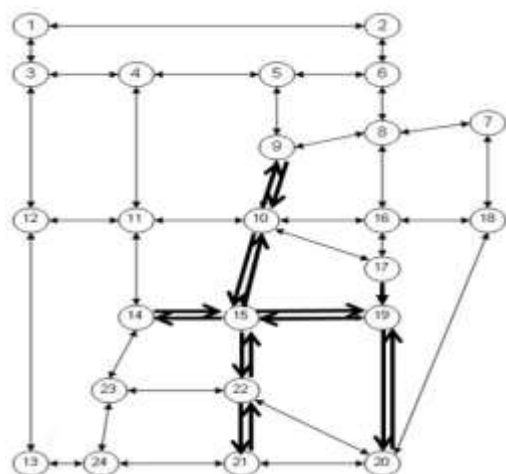
۴-۲ محاسبه مقدار شاخص اهمیت کمانها

برای انتخاب خیابان‌های نامزد جهت یکطرفه شدن، پس از مشخص کردن منطقه خاص می‌بایست شاخص اهمیت برای تمامی کمان‌های شبکه محاسبه شود تا مشخص گردد کدامین

خیابان‌ها قابلیت بالاتری برای یکطرفه شدن را دارند. به این منظور می‌توان از ابزار تخصیص "مسیر مینا" که در برخی از نرم افزارهای تخصصی حمل و نقل از جمله نرم افزار حمل و نقلی EMME/4 وجود دارد، استفاده نمود. ابزار فوق برای شبکه های شهری متوسط و بزرگ قابل استفاده است.

نتایج محاسبه این شاخص برای تمامی کمان‌های شبکه خیابانی سوفالز، به صورت مرتب شده نزولی در جدول (۱) پیوست ارائه شده است. همانطور که از نتایج این جدول مشخص است، کمان‌هایی که دارای بالاترین مقدار شاخص هستند، همان کمان‌های واقع در منطقه خاص هستند. به این معنی که سفرهای عبوری این کمان‌ها بیشترین میزان سفرهای گذری در منطقه خاص را دارند. این نتیجه قابل پیش بینی بوده است، زیرا این

یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه حمل و نقل شهری با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص



شکل ۴. خیابان‌های نامزد برای یکطرفه شدن

در شبکه و زمان سفر در منطقه خاص برای هر سناریو محاسبه می‌شود.

۴-۴ رسم مرز پارتو و شناسایی نقطه زانویی

برای انتخاب بهترین سناریو می‌بایست نمودار مرز پارتو رسم شود. به این منظور برنامه‌ای جهت تعیین سناریوهایی که در مرز پارتو قرار دارند کد نویسی شد. با اجرای این برنامه مشخص گردید که از ۱۹۴۱ سناریوی موجود، ۵۲ سناریو وجود دارند که مغلوب نبوده و بر روی مرز پارتو قرار می‌گیرند و باید مورد بررسی قرار گیرند. جدول (۲) پیوست مشخصات سناریوهای غالب را نشان می‌دهد. همچنین در شکل (۵) نمودار مرز پارتو نمایش داده شده است.

همانطور که از شکل (۵) مشخص است، اولین سناریو (سناریو پایه، نقطه A) دارای کمترین زمان سفر در کل شبکه و بیشترین زمان سفر در منطقه خاص است و در دیگر سناریوها به ترتیب زمان سفر در منطقه خاص کاهش یافته و زمان سفر کل افزایش می‌یابد، تا جایی که مقدار زمان سفر در منطقه خاص برای آخرین سناریو (نقطه B) برابر با ۱۴ ساعت بوده که مقدار بسیار کمی است، درحالی که در این نقطه زمان سفر کل، مقداری حدوداً ۴ برابر زمان سفر در حالت پایه دارد که البته این سناریویی بسیار غیرمنطقی برای انتخاب است، زیرا اگر تصمیم بر بهبود زمان سفر در منطقه خاص باشد، نباید به هر طریقی آن را عملی کرد، ۴ برابر

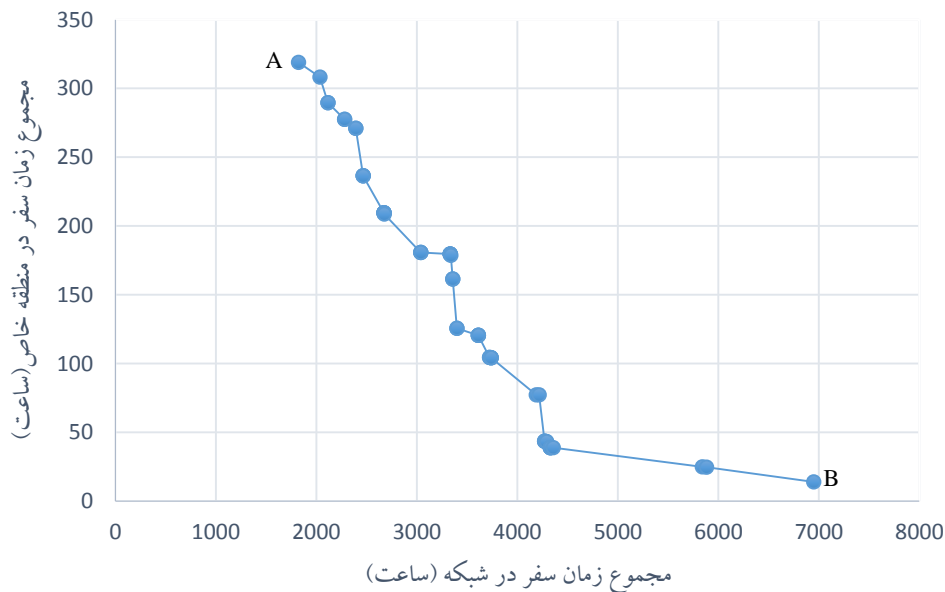
منطقه خاص که در مرکز شبکه واقع شده است، طبیعتاً سفرهای گذری زیادی را از خود عبور می‌دهد و این کمان‌ها نسبت به دیگر کمان‌های شبکه طبیعتاً بیشتر در معرض عبور سفرهای گذری از منطقه خاص هستند. کمان‌های مهم بعدی، نزدیک‌ترین کمان‌های به منطقه خاص هستند و به نظر می‌رسد چون نسبت به دیگر کمان‌های شبکه که از منطقه خاص دورتر هستند، بیشتر در معرض شلوغی و تراکم ترافیک حاصل از منطقه خاص می‌باشند، پس شاخص اهمیت برای این کمان‌ها مقادیر بالایی است.

۴-۳ ساخت سناریوهای تغییر جهت کمان‌ها

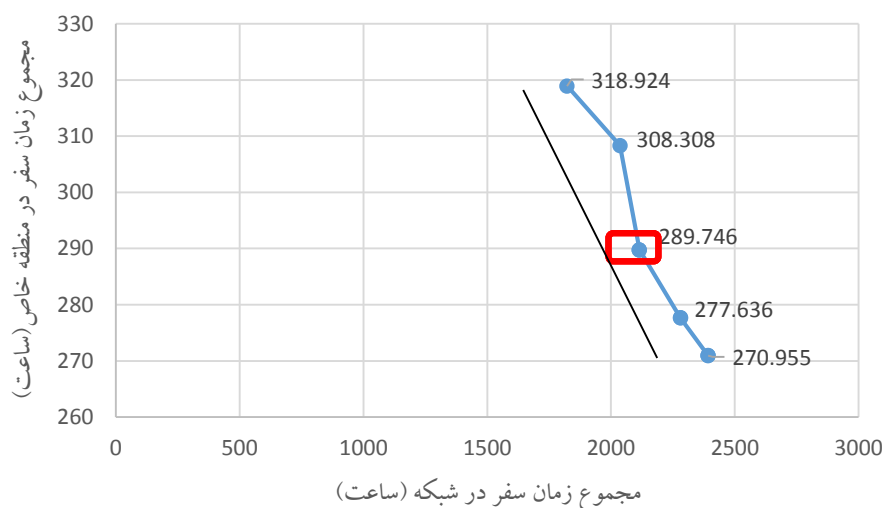
پس از محاسبه شاخص‌های اهمیت جهت یکطرفه شدن برای تمام خیابان‌های شبکه، می‌بایست سناریوهایی از خیابان‌های شبکه جهت یکطرفه کردن ایجاد کرد. فرض کنید ۲۰٪ از کمان‌های شبکه با بیشترین مقدار شاخص اهمیت (imp_a) را انتخاب کرده و به عنوان کمانهای نامزد برای تغییر جهت دادن معرفی شود. شکل (۴) خیابانهای نامزد برای یکطرفه شدن برای شبکه سופالز را نشان می‌دهد. فرض کنید از نظر کارشناسان تغییر وضعیت همزمان بیشتر از ۴ کمان مطلوب نباشد. بنابر این طبق رابطه (۱۴) تعداد سناریوهایی که بایستی مورد ارزیابی قرار گیرد ۱۹۴۱ سناریو است. پس از حل مسئله تخصیص ترافیک برای هر سناریو با استفاده از الگوریتم فرانک-ولف، مقادیر زمان سفر کل

نظرگرفتن این شرط و با توجه به جدول (۲) پیوست، تنها ۸ سناریوی نامغلوب باقی خواهد ماند. شکل (۶) نمودار مرز پارتو برای این ۸ سناریوی را نشان می‌دهد.

کردن زمان سفر در کل شبکه عواقب اجتماعی زیادی را به همراه خواهد داشت، بنابراین باید توجه کرد که بهبود زمان سفر در منطقه خاص تا حدی مجاز است که زمان سفر در کل شبکه را تا حد مقبولی افزایش دهد. در اینجا فرض می‌شود که حداکثر میزان افزایش در زمان سفر کل شبکه برابر با ۳۰٪ است. بنابراین با در



شکل ۵. نمودار مرز پارتو سناریوهای مختلف در شبکه سوزانز



شکل ۶. نمودار مرز پارتو برای ۸ سناریوی برتر

یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه حمل و نقل شهری با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص

در انتخاب خیابان‌های یاد شده سه شرط رعایت گردیده است: اول اینکه کمترین میزان افزایش در کل زمان سفر در شبکه را ایجاد کنند، دوم اینکه زمان سفر در خیابان‌های ناحیه خاص را تا حد امکان کاهش دهند و سوم اینکه از نظر اجتماعی پیامدهای زیادی را در شهر ایجاد نکنند. لازم به توضیح است پیامدهای اجتماعی حاصل از اجرای پروژه یکطرفه سازی، همانطور که در بخش ۳ مقاله (روش پیشنهادی) به آن اشاره شده است، یکی از فاکتورهای مهم درانتخاب خیابانها جهت یکطرفه سازی است که با توجه به این موضوع که اطلاعی از چگونگی کاربری زمین در محدوده شبکه سایوکس فالز وجود نداشته، اثرات پیامدهای اجتماعی در این مقاله در نظر گرفته نشده است. اثر این پیامدها بر روی گروه‌های سکنه و کسبه را در قبال انجام هر سناریو را می‌توان به کمک پرسشنامه‌ای از کارشناسان حمل و نقل و همچنین گروه‌های سکنه و کسبه در هر خیابان بدست آورد.

برای تعیین مجموعه خیابانهای نامزد جهت یکطرفه شدن ابتدا شاخصی تعریف شد که لازم است برای همه کمان‌های شبکه محاسبه گردد. شاخص یاد شده درواقع اهمیت هرکدام از خیابان‌های شبکه در ایجاد شلوغی در منطقه خاص است و اهمیت یک کمان مانند کمان a را بصورت مجموع سفر-ساعت سفرهای عبوری از آن منطقه خاص که در مسیر حرکتشان از کمان a می‌گذرند، نشان می‌دهد. پس از محاسبه‌ی شاخص برای تمام کمان‌های شبکه، درصدی از کمان‌ها که دارای بالاترین مقدار دراین شاخص هستند انتخاب شده و برای تغییر جهت نامزد می‌شوند. سپس با استفاده از خیابان‌های نامزد، کلیه سناریوهای امکان پذیر برای یک طرفه کردن خیابان‌های نامزد مشخص شده و برای هر سناریو به صورت مجزا مسئله تخصیص ترافیک حل می‌شود و بر اساس آن برای هر یک از سناریوها، مقادیر دو شاخص مجموع زمان سفر در کل شبکه و مجموع زمان سفر در منطقه‌ی خاص به عنوان دو هدف اصلی در مسئله موردنظر محاسبه می‌گردد. پس از آن سناریوهای نامغلوب یا همان مرز پارتوی مسئله مشخص شده و ابتدا با بکارگیری یک معیار ثانویه تعداد این سناریوها کاهش یافته و در نهایت نقطه زانوئی روی مرز پارتو به عنوان برترین سناریو تعیین می‌گردد. از آنجا که

همانگونه که پیش از این اشاره شد، نقطه زانوئی بیشترین فاصله را از خطی که نقاط انتهایی مرز پارتو را به یکدیگر متصل می‌کند، داراست. بر اساس این تعریف، و با توجه به اینکه مسئله موردنظر از نوع کمینه‌یابی است، سناریوی شماره ۹ همانگونه که در شکل ۶ مشخص است، یک نقطه زانوئی به شمار می‌آید و از این رو می‌تواند به عنوان جذاب‌ترین سناریو از میان پنج سناریوی برتر شناسایی شده، معرفی شود. همانگونه که در جدول ۲ پیوست مشاهده می‌شود، سناریوی شماره ۹ بیانگر حالتی است که تنها خیابان شماره ۳۸ تغییر جهت یابد. در صورت اجرای این سناریو، مجموع زمان سفر در منطقه خاص مورد نظر ۲۹ نفر-ساعت (در حدود ۹ درصد) کاهش می‌یابد اما در مقابل مجموع زمان سفر در کل شبکه ۲۹۲ نفر-ساعت (در حدود ۱۶ درصد) افزایش می‌یابد.

۵. بحث و نتیجه گیری

ناکارآمدی و اختلال در سیستمهای حمل و نقل و شبکه‌های معابر درون شهری که به شکل معضل ترافیک نمود می‌یابد، گریبانگیر بسیاری از کلانشهرهای جوامع در حال توسعه شده‌است که هزینه‌ها و عوارض اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی و روانی مختلفی را بر نظام‌های مدیریت شهری و زندگی شهروندان تحمیل می‌کند. یکی از اثرات افزایش ترافیک شهری، شلوغی مناطق مختلفی در شهرها می‌باشد که به دلایل خاصی مورد اهمیت می‌باشند. مناطقی همچون مناطق تاریخی، مناطق اداری، مناطق تفریحی همچون کناره رودخانه‌ها و ... در نتیجه مدیریت شهری را به تلاش در جهت جستجوی راهکارهای برون رفت از این معضلات وا می‌دارد. یکی از روش‌های کاهش ترافیک در مناطق خاص شهری از طریق یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه شهری انجام می‌پذیرد که باعث سخت شدن ورود وسایل نقلیه به نواحی خاص شهری شده و ترافیک عبوری از آن مناطق را به دیگر مناطق هدایت می‌کند. در این مقاله، روشی برای انتخاب مجموعه‌ای از خیابان‌های شهری جهت یکطرفه کردن با هدف خلوت نمودن منطقه خاص شهری انجام گرفته است. این خیابان‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که سفرهای عبوری از آن منطقه خاص را کاهش داده و باعث خلوت شدن آن می‌گردد.

- مطلق، م.، گراوند، ج. و فدوی، ج. (۱۳۸۹) "ارزیابی تأثیر اجتماعی پروژه یکطرفه کردن خیابان ولیعصر"، فصلنامه مطالعات مدیریت شهری، دوره ۲، شماره ۴، ص. ۱۸۷-۲۱۵

- میرجلالیه، د. (۱۳۸۰) "طراحی شبکه خیابانهای یکطرفه با استفاده از الگوریتم شبیه سازی تبرید" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.

- Broaddus, A., Litman, T. and Menon, G. (2009) "Transportation demand management", Water, energy and transport, Vol. 44.

- Colman, A. and Steven, B. (2004) "Re-thinking the one-way grid", ITE Transportation Planning Council Newsletter, Vol., pp. 3-9.

-Das, I. (1999) "On characterizing the knee of the Pareto curve based on normal-boundary intersection", Structural Optimization, Vol. 18, pp. 107-115.

- Deb, K. (2001) "Multi-objective optimization using evolutionary algorithms", John Wiley & Sons.

- Drezner, Z. W.G. (1997) "Selecting an optimum configuration of one-way and two-way routes", Transport Science, Vol. 33, pp. 386-394.

- Drezner, Z. and Salhi, S. (2000) "Selecting a good configuration of one-way and two-way routes using tabu search", Control and Cybernetics, Vol. 29, pp 725-740.

- Drezner, Z. and Wesolowsky, G. O. (2003) "Network design: selection and design of links and facility location", Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 37, pp. 241-256.

- Leblanc, L. J. (1975) "An algorithm for discrete network design problem", Transportation Science, Vol. 9, pp. 183-199

- Litman, T. (2013) "Online TDM encyclopedia", Victoria Transport Policy Institute, Website : <http://www.vtpi.org>.

- Litman, T. (2012) "Online TDM encyclopedia", Available at : <http://www.vtpi.org>.

- Lu, J., Zhang, G. and Ruan, D. (2007) "Multi-objective group decision making: methods,

هدف از نوشتن این مقاله، تنها ارائه یک متدلوژی جهت تعیین مجموعه‌ای از خیابانها برای یکطرفه کردن با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص است و این مساله، مساله‌ای NP-hard است و در محیط حقیقی و مسائل بزرگ حل آن بسیار زمانبر است، بنابراین حل آن برای مسائل بزرگ با استفاده از روشهای فراابتکاری می‌تواند به عنوان پژوهشهای آتی مورد بررسی قرار گیرد. در نهایت برای نشان دادن اجرایی بودن الگوریتم پیشنهادی، این الگوریتم بر روی شبکه آزمون سوفالز اجرا شده و نتایج آن ارائه گردید.

۶. پی‌نوشتها

- ¹Tabu Search
- ²Descent Algorithm
- ³Stop and Go
- ⁴Efficient Solutions
- ⁵Non-Dominated Solutions
- ⁶Pareto Front
- ⁷Multi-Objective Decision Making
- ⁸Post-optimal
- ⁹Knee point
- ¹⁰Path-Based Assignment

۷. مراجع

- حبیبیان، میقات و کرمانشاه، محمد (۱۳۹۳) "ارزیابی بلند مدت اثر ترکیبی سیاست‌های مدیریت تقاضای حمل و نقل با استفاده از مدل پویایی سیستم (مطالعه موردی: کلانشهر مشهد)"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال ششم، شماره اول، ص. ۲۱-۳۴.

- حسینلو، م.، شریفیان، م.، پاکروشن، ب. (۱۳۸۹) "تحلیل ترافیکی شبکه های درون شهری با استفاده از نرم افزار شبیه سازی کرسیم"، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، دوره ۵، شماره ۱۶، ص. ۱۱-۲۴

- فولادی، ف. و اکبری، م. (۱۳۸۷) "بررسی نحوه حداکثر استفاده از ظرفیت معابر منطقه ۳ راهورفاتب در ساعات اوج ترافیک"، فصلنامه مطالعات مدیریت ترافیک، دوره ۹.

- Salcedo-Sanz, S., Manjarres, D., Pastor-Sánchez, Á., Del Ser, J., Portilla-Figueras, J.A. and Gil-Lopez, S. (2013) "One-way urban traffic reconfiguration using a multi-objective harmony search approach", *Expert Systems with Applications*, Vol. 40, pp. 3341-3350.
- Shi Jing, B.W., TAO Li. (2009) "Quantitative Analysis of One-Way Street Effects in Urban Central District", *International Conference on Management and Service Science*, pp. 1-4.

software and applications with fuzzy set techniques", Imperial College Press.

- Miandoabchi, E. and Farahani, R. Z. (2001) "Optimizing reserve capacity of urban road networks in a discrete network design problem", *Advances in Engineering Software*, Vol. 42, pp. 1041-1050.

- O'Toole, R. (2005) "Should cities convert one-way streets to two-way?", *The Center for the American Dream Independence Institute*.

۸ پیوست

جدول ۱. شاخص اهمیت تغییر جهت هر کمان در شبکه

ردیف	شماره کمان	گره مبدأ	گره مقصد	شاخص اهمیت کمان <i>imp_a</i>	ردیف	شماره کمان	گره مبدأ	گره مقصد	شاخص اهمیت کمان <i>imp_a</i>	ردیف	شماره کمان	گره مبدأ	گره مقصد	شاخص اهمیت کمان <i>imp_a</i>	ردیف	شماره کمان	گره مبدأ	گره مقصد	شاخص اهمیت کمان <i>imp_a</i>
۱	۲۷	۱۰	۱۵	۸۲,۳۱۷۶	۲۰	۶۳	۱۴	۲۳	۸,۳۰۶۴	۳۹	۳	۱	۳	۱,۹۰۳۴	۵۸	۱	۱	۲	۰,۶۳۸۱
۲	۲۸	۱۵	۱۰	۸۱,۷۴۰۹	۲۱	۲۶	۱۱	۱۰	۸,۲۳۹	۴۰	۴	۳	۱	۱,۸۷۸۲	۵۹	۳۰	۱۷	۱۰	۰,۱۱۸۴
۳	۴۱	۱۵	۲۲	۵۴,۲۲۴۴	۲۲	۲۵	۱۰	۱۱	۷,۶۳۷۹	۴۱	۳۱	۱۱	۱۲	۱,۷۵۰۱	۶۰	۲۹	۱۰	۱۷	۰,۱۱۶۹
۴	۴۲	۲۲	۱۵	۵۳,۷۷۱۱	۲۳	۱۷	۵	۹	۷,۰۱۹۹	۴۲	۳۲	۱۲	۱۱	۱,۷۲۰۷	۶۱	۵۴	۲۱	۲۰	۰,۱۰۶۷
۵	۳۹	۱۵	۱۹	۴۶,۲۸۱۲	۲۴	۱۸	۹	۵	۶,۱۳۸۷	۴۳	۱۰	۱۲	۳	۱,۵۱۷	۶۲	۵۳	۲۰	۲۱	۰,۱۰۶۴
۶	۴۰	۱۹	۱۵	۴۶,۰۲۴۹	۲۵	۱۱	۴	۵	۴,۰۷۳۹	۴۴	۹	۳	۱۲	۱,۴۷۱۵	۶۳	۲۳	۸	۱۶	۰,۰۷۳۵
۷	۳۷	۱۴	۱۵	۳۵,۸۵۳۳	۲۶	۵۰	۲۰	۱۸	۴,۰۲۳۳	۴۵	۳۶	۱۳	۱۲	۱,۴۶۰۵	۶۴	۵۶	۲۲	۲۰	۰,۰۷۰۴
۸	۳۸	۱۵	۱۴	۳۵,۷۱۳۵	۲۷	۴۹	۱۸	۲۰	۳,۹۸۸۸	۴۶	۳۵	۱۲	۱۳	۱,۴۵۲۱	۶۵	۵۵	۲۰	۲۲	۰,۰۶۹۸
۹	۶۷	۹	۱۰	۱۹,۸۴۳۲	۲۸	۱۲	۵	۴	۳,۹۱۸۱	۴۷	۴۵	۱۶	۱۸	۱,۳۶۵۸	۶۶	۲۴	۱۶	۸	۰,۰۳۳۷
۱۰	۶۸	۱۰	۹	۱۹,۸۲۰۳	۲۹	۷	۳	۴	۳,۳۱۳۳	۴۸	۴۴	۱۷	۱۶	۱,۳۳۰۲	۶۷	۶	۶	۲	۰,۰۱۷۳
۱۱	۵۸	۲۲	۲۱	۱۳,۰۳۰۸	۳۰	۸	۴	۳	۳,۲۳۸۹	۴۹	۷۳	۷	۸	۱,۲۶۵۶	۶۸	۵	۲	۶	۰,۰۱۶۸
۱۲	۵۷	۲۱	۲۲	۱۲,۷۹۵۳	۳۱	۳۴	۱۴	۱۱	۳,۰۲۶۲	۵۰	۴۳	۱۶	۱۷	۱,۲۵۸۹	۶۹	۷۱	۱۳	۲۴	۰,۰۱۱۳
۱۳	۵۱	۱۹	۲۰	۱۰,۲۵۷۴	۳۲	۵۹	۲۱	۲۴	۲,۶۰۸۶	۵۱	۴۶	۱۸	۱۶	۱,۲۱۶۲	۷۰	۷۲	۲۴	۱۳	۰,۰۱۱۳
۱۴	۵۲	۲۰	۱۹	۱۰,۱۹۱۷	۳۳	۶۰	۲۴	۲۱	۲,۵۶۲۸	۵۲	۷۴	۸	۷	۱,۲۱۲۳	۷۱	۲۱	۸	۹	۰,۰۰۴۵
۱۵	۴۷	۱۷	۱۹	۹,۹۵۵۳	۳۴	۶۵	۲۳	۲۴	۲,۴۰۰۶	۵۳	۱۶	۶	۵	۱,۱۸۷۳	۷۲	۷۰	۸	۶	۰,۰۰۲۸
۱۶	۴۸	۱۹	۱۷	۹,۸۴۸۸	۳۵	۳۳	۱۱	۱۴	۲,۳۰۸۸	۵۴	۱۵	۵	۶	۱,۱۵۲۶	۷۳	۶۹	۶	۸	۰,۰۰۲۷
۱۷	۶۱	۲۲	۲۳	۸,۶۴۹۹	۳۶	۲۰	۱۸	۷	۲,۳۰۷۹	۵۵	۱۳	۴	۱۱	۱,۱۲۰۶	۷۴	۷۶	۱۶	۱۰	۰,۰۰۷
۱۸	۶۲	۲۳	۲۲	۸,۴	۳۷	۱۹	۷	۱۸	۲,۲۷۵۷	۵۶	۱۴	۱۱	۴	۱,۰۵۶۹	۷۵	۲۲	۹	۸	۰,۰۰۶
۱۹	۶۴	۲۳	۱۴	۸,۳۳۳۷	۳۸	۶۶	۲۴	۲۳	۱,۹۹۵۳	۵۷	۲	۲	۱	۰,۶۴۵۸	۷۶	۷۵	۱۰	۱۶	۰,۰۰۶

یکطرفه کردن مجموعه‌ای از خیابان‌های شبکه حمل و نقل شهری با هدف کاهش ترافیک یک منطقه خاص

جدول ۲. سناریوهای نامغلوب

ردیف	شماره سناریو	کمان‌های لازم برای تغییر جهت	زمان سفر کل	زمان سفر منطقه خاص	ردیف	شماره سناریو	کمان‌های لازم برای تغییر جهت	زمان سفر کل	زمان سفر منطقه خاص
۱	۱	(۰،۰،۰،۰)	۱۸۲۲،۹۰۵	۳۱۸،۹۲۴	۱۴	۲۹۴	(۰،۴۱،۴۲،۳۸)	۲۱۱۵،۱۷۱	۲۸۹،۷۴۶
۲	۱۶	(۰،۰،۰،۴۷)	۲۰۳۶،۹۶۵	۳۰۸،۳۰۸	۱۵	۳۷۶	(۰،۴۲،۳۷،۳۸)	۲۴۶۶،۷۱۳	۲۳۶،۳۰۴
۳	۹	(۰،۰،۰،۳۸)	۲۱۱۵،۱۷۱	۲۸۹،۷۴۶	۱۶	۴۷	(۰،۰،۴۱،۳۷)	۲۶۷۶،۸۰۹	۲۰۸،۶۲۱
۴	۸۶	(۰،۰،۳۷،۳۸)	۱۸۲۲،۹۰۵	۳۱۸،۹۲۴	۱۷	۱۵۳۴	(۴۲،۳۷،۳۸،۴۷)	۳۰۳۸،۰۱۶	۱۸۰،۷۸۷
۵	۴۹۹	(۰،۳۷،۳۸،۴۷)	۲۰۳۶،۹۶۵	۳۰۸،۳۰۸	۱۸	۱۲۶۰	(۴۱،۴۲،۳۸،۴۷)	۲۲۸۰،۷۳۲	۲۷۷،۶۳۶
۶	۱۰۰	(۰،۰،۳۸،۴۷)	۲۲۸۰،۷۳۲	۲۷۷،۶۳۶	۱۹	۳۹۰	(۰،۴۲،۳۸،۴۷)	۳۰۳۸،۰۱۶	۱۸۰،۷۸۷
۷	۹۶	(۰،۰،۳۸،۵۸)	۲۳۹۲،۰۰۷	۲۷۰،۹۵۵	۲۰	۳۸۹	(۰،۴۲،۳۸،۵۲)	۳۳۳۲،۷۲۱	۱۷۹،۵۸۲
۸	۴۹۵	(۰،۳۷،۳۸،۵۸)	۲۳۹۲،۰۰۷	۲۷۰،۹۵۵	۲۱	۱۲۵۹	(۴۱،۴۲،۳۸،۵۲)	۳۳۳۲،۷۲۱	۱۷۹،۵۸۲
۹	۵	(۰،۰،۰،۴۲)	۲۴۶۶،۶۴۷	۲۳۶،۶۶۳	۲۲	۱۵۳۳	(۴۲،۳۷،۳۸،۵۲)	۳۳۳۲،۷۲۱	۱۷۹،۵۸۲
۱۰	۴۴	(۰،۰،۴۱،۴۲)	۱۸۲۲،۹۰۵	۳۱۸،۹۲۴	۲۳	۱۵۷۴	(۴۲،۳۸،۵۱،۵۲)	۲۶۷۳،۶	۲۰۹،۵۳۵
۱۱	۴	(۰،۰،۰،۴۱)	۲۴۶۶،۷۱۳	۲۳۶،۳۰۴	۲۴	۳۲۶	(۰،۴۱،۳۷،۵۱)	۳۳۳۶،۸۹۷	۱۷۸،۶۲۹
۱۲	۱۲۴۶	(۴۱،۴۲،۳۷،۳۸)	۱۸۲۲،۹۰۵	۳۱۸،۹۲۴	۲۵	۳	(۰،۰،۰،۲۸)	۳۳۵۷،۸۷۱	۱۶۱،۵۵۱
۱۳	۵۹	(۰،۰،۴۲،۳۸)	۲۶۷۳،۶	۲۰۹،۵۳۵	۲۶	۱۷	(۰،۰،۲۷،۲۸)	۱۸۲۲،۹۰۵	۳۱۸،۹۲۴

هادی کریمی، نرگس رفیعی فروشانی، سیدمحمدرضا حسینی نسب، سید نادر شتاب بوشهری

هادی کریمی، درجه کارشناسی در رشته ریاضی کاربردی را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه صنعتی اصفهان و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی سیستمهای اقتصادی-اجتماعی را در سال ۱۳۸۶ از دانشگاه صنعتی اصفهان اخذ نمود. در حال حاضر دانشجوی دکتری مهندسی صنایع در دانشگاه صنعتی اصفهان است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه ریزی حمل و نقل، سیستم های هوشمند حمل و نقل، تصمیم گیری چندمعیاره، تحقیق در عملیات است.



نرگس رفیعی فروشانی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی صنایع و سیستم ها را در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه صنعتی اصفهان و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع-صنایع در سال ۱۳۹۴ را از دانشگاه صنعتی اصفهان اخذ نمود. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه ریزی حمل و نقل، مدیریت ترافیک، برنامه ریزی تولید و کنترل کیفیت است.



سید محمدرضا حسینی نسب، درجه کارشناسی در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع در سال ۱۳۸۸ را از دانشگاه صنعتی اصفهان اخذ نمود. در سال ۱۳۹۴ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه صنعتی اصفهان گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه ریزی حمل و نقل، تصمیم گیری چندمعیاره، برنامه ریزی تولید بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیاری در دانشگاه اراک است.



سید نادر شتاب بوشهری، درجه کارشناسی در رشته مهندسی برق را در سال ۱۳۶۴ از دانشگاه صنعتی اصفهان و درجه کارشناسی ارشد در رشته برنامه ریزی سیستم ها را در سال ۱۳۶۷ از دانشگاه صنعتی اصفهان اخذ نمود. در سال ۱۳۸۳ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران گرایش برنامه ریزی حمل و نقل از دانشگاه صنعتی شریف گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان برنامه ریزی حمل و نقل، تحقیق در عملیات، سیستمهای دینامیکی و اقتصاد بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه دانشیار در دانشگاه صنعتی اصفهان است.

