مجله علمی – پژوهشی
مهندسی عمران مدرس
دوره نوزدهم، شماره ۵، سال ۱۳۹۸

ارزیابی چندمعیاره سناریوهای ترافیکی پل صدر تهران با ملاحظه آلودگی هوا

ترکان علیسلطانی[۱]، مجید شفیع‌پور مطلق[۲*]، خسرو اشرفی[۳]، میقات حبیبیان[٤]

۱- کارشناس ارشد، دانشکده محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران
۲- استادیار، دانشکده محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران
۳ – دانشیار، دانشکده محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران
٤- استادیار، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

[*]shafiepour@ut.ac.ir

تاریخ دریافت:۹۸/۲/۹ تاریخ پذیرش:۹۸/۷/۳۰

چکیده

مدیریت ترافیک شهری مستلزم اعمال سیاست‌های صحیح با برنامه‌ریزی همه‌جانبه و جامع در راستای اهداف توسعه‌ی پایدار است. تصمیم‌گیری به عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی مدیریت شناخته شده‌است. به دلیل پیچیدگی عوامل تاثیرگذار در اعمال سیاست‌های صحیح با هدف رسیدن به اهداف توسعه‌ی پایدار و انتشار کمتر آلاینده‌های ناشی از منابع متحرک، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره اهمیت زیادی دارد. هدف از این پژوهش بررسی گزینه‌های مختلف تردد و آلودگی هوای ناشی از آن در پل صدر با استفاده از روش MCDM است. پس از بررسی وضعیت اعمال محدودیت‌ها و ممنوعیت‌های تردد اعمال شده در شیب‌راهه‌های پل صدر در هر دو مسیر غرب به شرق و شرق به غرب در قالب دو سناریوی حقیقی، مدل‌سازی انتشار آلاینده‌های ناشی از تردد در این سناریوها، با استفاده از نرم افزار IVE انجام شده‌است. نهایتا این دو سناریو با رویکرد تصمیم‌گیری MCDMبا شاخص‌های میزان انتشار آلاینده‌ها، سرعت شبکه و سطح خدمت‌دهی بررسی شد و به ترتیب سناریوهای اول و دوم با شاخص‌های مذکور اولویت‌بندی شد. نتایج مدل سازی نشان داد انسداد شیب‌راهه‌ی صدر همسطح در مسیر شرق به غرب در ساعت اوج ترافیک به جای اعمال محدودیت دسترسی آن در تمامی ساعات شبانه روز از دیدگاه کاهش میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از تردد و بهبود پارامترهای ترافیکی توصیه می‌شود. هم‌چنین در مسیر غرب به شرق، انسداد شیب‌راهه‌ی ورودی به بزرگراه صدر همسطح در ساعات اوج ترافیک به جای تمامی حالات منجر به کاهش انتشار آلاینده‌ی کربن‌مونواکسید به میزان ۱۷/۲۲ درصد در یک شبانه‌روز و افزایش سرعت متوسط شبکه به میزان ۶/۴۸ درصد نسبت به انسداد کامل مسیر فوق در تمامی ساعات، از ناوگان عبوری می‌گردد.

کلید واژگان: آلودگی هوا، ترافیک، تصمیم گیری چند معیاره، حمل و نقل، مدیریت تقاضا

۱. مقدمه

برای حل مشکل آلودگی هوا در تهران و دیگر ابر شهرها بررسی ریشه‌ای علل و تلاش برای ارائه‌ی راه حل آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد. پیچیدگی پارامترهای تاثیرگذار برای دستیابی به جریان پایدار ترافیک و کاهش میزان انتشار ناشی از تردد خودروها، تصمیم‌گیری را برای انتخاب شیوه‌ی اعمال صحیح مدیریت تقاضا دشوار کرده‌است. از اینرو به منظور اعمال سیاست‌های صحیح جهت بهبود پارامترهای ترافیک و انتشار کمتر آلاینده‌ها اتخاذ روش‌های تصمیم‌گیری در مدیریت شهری می‌تواند مفید باشد. پل صدر تهران نیز به دلیل موقعیت جغرافیایی خود بسیاری از خیابان‌های فرعی و اصلی و اتوبان-های بسیاری را به یکدیگر متصل کرده و دسترسی بسیاری از مناطق پرتردد تهران را به یکدیگر آسان نموده‌است. از اینرو منطقه مذکور یکی از مناطق پرتردد تهران می‌باشد که به دلیل حجم ترافیکی زیاد می‌تواند نقش بزرگی در آلودگی هوای شهر داشته باشد. در نتیجه مدیریت ترافیک این شریان‌ها و بررسی مسیرها و ساعات تردد در پل صدر می‌تواند کمک شایانی به کاهش ترافیک و آلودگی هوای ناشی از آن در منطقه کند در این مطالعه بررسی گزینه‌های تردد و ممنوعیت‌ها و محدودیت-های اعمال آن از شیب‌راهه‌های مختلف پل صدر در قالب دو سناریوی حقیقی و سپس مدل‌سازی میزان انتشار ناشی از هر یک از این حالات تردد مدنظر است. هدف اصلی این پژوهش انتخاب گزینه مناسب از نظر بهبود پارامترهای ترافیکی و کاهش انتشار آلاینده‌ها، جهت اعمال محدودیت‌های دسترسی از شیب‌راهه‌های پل صدر و مدیریت صحیح میزان تقاضا می‌باشد. در مطالعات بسیاری تاثیر اعمال سیاست‌های مختلف مدیریت تقاضا در کاهش انتشار آلاینده‌های هوا مورد توجه قرار گرفته‌است. برای مثال حبیبیان و همکاران در سال ۲۰۱۷ به بررسی تاثیر سیاست قیمت‌گذاری بر انتشار آلاینده‌ها در محدوده‌ی مرکزی شهر اصفهان پرداختند. در این مطالعه ماتریس تقاضای حمل و نقل بر شبکه حمل و نقلی با نرم‌افزار EMME/2 تخصیص داده شده و اثربخشی قیمت‌گذاری‌های مختلف بر میزان انتشار آلاینده‌ها بررسی شده‌است[۱]. در مطالعه‌ی دیگری تحت عنوان تاثیر اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضای حمل و نقل بر آلودگی هوای شهری در سال ۲۰۱۳ با استفاده از مدل پویایی سیستم در یک بازه‌ی زمانی ۲۰ ساله، تاثیر اعمال سیاست‌های مستقل و همزمان بر میزان انتشار در شهر مشهد بررسی شده‌است [۲].

اگرچه مطالعات زیادی در خصوص استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره جهت ارزیابی گزینه‌های مختلف حمل و نقل انجام یافته‌است، اما اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا با رویکرد MCDM جهت کاهش انتشار آلاینده‌های ناشی از تردد، کمتر مورد توجه قرار گرفته‌است. از اینرو در این مطالعه انتخاب گزینه‌ی مناسب تردد با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با هدف کاهش میزان انتشار آلاینده‌های هوا و بهبود پارامترهای ترافیکی بررسی شده‌است.

۲. روش‌شناسی تحقیق

در این پژوهش دو سناریو بررسی شده‌است که هر یک بیانگر حالت‌های مختلف وضعیت ترافیک در نتیجه‌ی محدودیت‌ها و ممنوعیت‌های ساعتی اعمال شده در پل صدر و ورودی و خروجی تونل نیایش در هر دو مسیر می‌باشد. موقعیت و زمان اعمال محدودیت‌های دسترسی در مسیرهای فوق در پل صدر برای سناریوی ۱ به صورت زیر است:

- در رویکرد غرب به شرق پل صدر، خروجی تونل نیایش جنوبی به بزرگراه صدر همسطح از ساعت ۱۵ الی ۲۱ مسدود است.
- در رویکرد شرق به غرب پل صدر، ورودی تونل نیایش شمالی روزانه از ساعت ۷ الی ۱۰ صبح مسدود است.

برای سناریوی دوم، زمان اعمال محدودیت‌های دسترسی به شرح زیر است:

- در رویکرد غرب به شرق از ساعت ٦ تا ۲۳ امکان ورود به بزرگراه صدر همسطح وجود ندارد و الزاما در این مسیر خودروها وارد صدر طبقاتی می‌شوند.
- در رویکرد شرق به غرب ورودی بزرگراه صدر همسطح هر روز از ساعت ٦ الی ۲۳ مسدود است و فقط از شیب‌راهه‌های صدر طبقاتی امکان ورود و تردد به داخل تونل نیایش وجود دارد.

تغییر تقاضا با اعمال سیاست‌های بازدارنده مانند تغییر ساعات محدودیت دسترسی از شیب‌راهه‌ها به روی پل منجر به تردد حجم ترافیک متغیر، الگوی جریان ترافیکی متفاوت و میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از آن متناسب با حجم ترافیک حاکم بر شبکه می‌شود. از اینرو مدل‌سازی میزان انتشار در هر یک از این حالات انجام گرفته و با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره گزینه‌ی برتر انتخاب گردیده‌است.

۳. مطالعه‌ی موردی

پل صدر دارای یک مسیر شرق به غرب (منتهی به تونل نیایش) و یک مسیر غرب به شرق (با خروج از تونل نیایش) می‌باشد که طول آن با احتساب شیب‌راه‌های دسترسی به ۱۱ کیلومتر می‌رسد. در هر مسیر دو خط عبور و یک خط تردد اضطرار وجود دارد. به منظور کنترل حجم ترافیک روی پل صدر، در هر دو مسیر مذکور، دسترسی به آن در بعضی ساعات با اعمال محدودیت‌های تردد همراه است. در مسیر شرق به غرب ورودی‌های بزرگراه امام علی(ع)، بزرگراه شهید صیاد شیرازی، بلوار قیطریه، بلوار کاوه و ورودی بزرگراه صدر همسطح به عنوان آخرین ورودی در نزدیکی تونل نیایش وجود دارد. تمام حجم ترافیک ورودی از شیب‌راهه‌های مسیر شرق به غرب در انتهای پل و ورودی تونل نیایش همگرا می‌شوند. از اینرو مقطع بحرانی در این مسیر در انتهای آن و در نزدیکی مدخل تونل نیایش می‌باشد. به منظور کنترل حجم ترافیک در این مقطع بحرانی، شیب‌راهه‌ی ورودی از بزرگراه صدر همسطح در ساعاتی از شبانه‌روز محدودیت دسترسی دارد. مسیر غرب به شرق پل صدر شامل شیب‌راهه‌ی ورودی بزرگراه مدرس، شیب‌راهه‌های خروجی به صدر همسطح، بلوار قیطریه و خیابان کامرانیه–دیباجی می‌باشد. به منظور تخلیه حجم ترافیک ورودی از تونل نیایش و شیب‌راهه ورودی بزرگراه مدرس، جریان ترافیک باید از خروجی‌های بزرگراه صدر همسطح در ابتدای پل و یا خروجی خیابان کامرانیه– دیباجی و بلوار قیطریه خارج شود. در این مسیر خروجی صدر همسطح از تونل نیایش در ساعاتی از شبانه‌روز با محدودیت‌های دسترسی به همراه است. در شکل(۱) و شکل (۲) شیب‌راهه‌های موجود در مسیر رفت و برگشت پل صدر نشان داده شده‌است.

در پل صدر و تونل نیایش فقط خودروهای سواری تردد دارند و ورود خودروهای سنگین و موتورسیکلت ممنوع می‌باشد. در شکل (۳) ترکیب ناوگان پل صدر پس از پایش به مدت یک ماه نشان داده شده‌است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین درصد ناوگان عبوری مربوط به خودروهای سواری می‌باشد[۳].

شکل ۱. شیب‌راهه‌های دسترسی به پل صدر در مسیر غرب به شرق

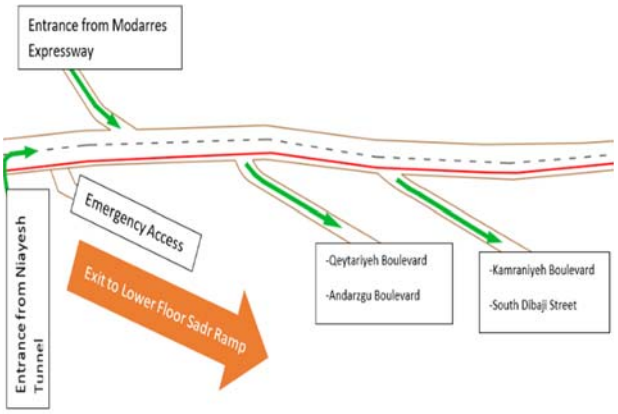

Fig. 1. Access ramps of west to east direction to Sadr Overpass

شکل ۲. شیب‌راهه‌های دسترسی به پل صدر در مسیر شرق به غرب

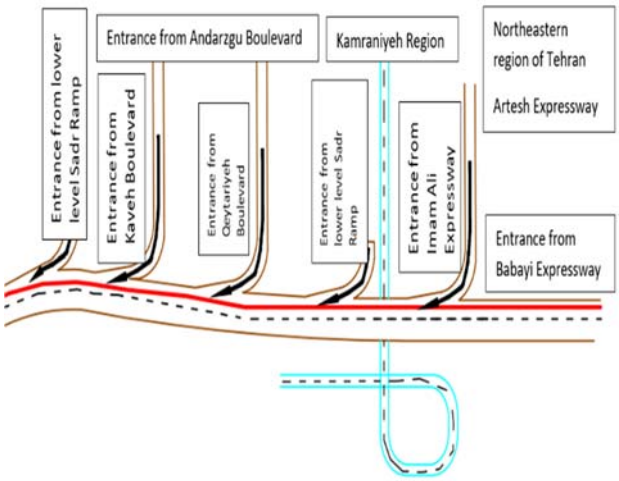

Fig. 2. Access ramps of east to west direction to Sadr Overpass

شکل ۳. ترکیب ناوگان پل صدر

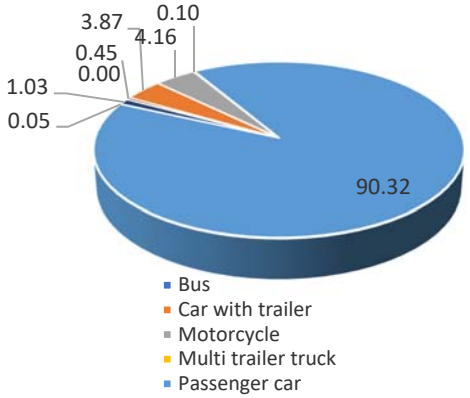

Fig. 3. Fleet combination of Sadr Overpass

الگوهای ترافیکی حاکم در پل صدر، در نتیجه‌ی اعمال محدودیت‌ها و ممنوعیت‌های دسترسی و تغییر تقاضا با تغییر زمان‌های روتین انسداد مسیرهای ورودی و خروجی به تونل نیایش از بزرگراه صدر به صدر طبقاتی، باعث اعمال حجم ترافیک متفاوت و در نتیجه انتشار آلاینده‌های متناسب با جریان حاکم بر آن الگوی ترافیکی می‌باشد. افزایش حجم ترافیک تاثیر چشمگیری در سرعت میانگین شبکه و الگوی تردد در آن خواهد داشت. کاهش سرعت میانگین شبکه موجب افزایش انتشار آلاینده‌ها از جریان ترافیک می‌شود. علاوه بر میانگین سرعت یکی دیگر از دلایل تولید آلاینده‌ها افزایش و کاهش سرعت است. مانند جریان ترافیک از نوع توقف–حرکت[1] که در مقایسه با جریان روان و یکنواخت ترافیک، دارای نرخ انتشار بیشتری است[٤]. تغییر میزان حجم ترافیک عبوری به روی پل در نتیجه‌ی تغییر سیاست‌های مدیریت تقاضا، منجر به تغییر الگوی حاکم بر جریان و تغییر سرعت لحظه‌ای و متوسط جریان می‌گردد. از اینرو اعمال صحیح این سیاست‌ها با هدف کاهش میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از تردد تاثیر زیادی در کاهش آلودگی هوای شهری خواهد داشت.

٤. مدل‌سازی انتشار آلاینده‌ها

به منظور تخمین میزان انتشار آلاینده‌ها از منابع متحرک در هر دو سناریوی تعریف شده از مدل IVE استفاده شده‌است. استفاده از این نرم افزار نیازمند چهار گروه اطلاعات است. نرخ انتشار خودروها در شرایط پایه، عملکرد خودروها (سرعت و شتاب و مسافت طی شده)، ترکیب ناوگان خودروها و شرایط محیطی(دما، رطوبت، نوع سوخت مصرفی). نرخ انتشار پایه‌ی خودروها بر اساس اطلاعاتی که در IVEوجود دارد با توجه به نوع موتور، ظرفیت آن و مقدار کارکرد تعیین می‌شود. در IVE رفتار رانندگی با دو نوع مفهوم الگوی رانندگی (Driving pattern) و مقدار رانندگی تعریف می‌شود. رفتار رانندگی توسط دو مفهوم توان ویژه موتور (VSP) و تنش موتور پایش می‌شود. این پارامترها از ترسیم لحظه به لحظه سرعت حاصل می‌شوند. هم‌چنین برای تعیین الگوی رانندگی از سرعت لحظه-ای استفاده می‌شود. سپس با استفاده از معادله (۱) توان ویژه موتور و سپس تنش موتور بدست می‌آید[۵].

$$vsp = v[1.1\,a + 9.81 \times (a\tan(\sin(grade)) + 0.132] + 0.000302\,v^3$$

معادله (۱)

که در آن:

v : سرعت لحظه‌ای بر حسب متر بر ثانیه

a: شتاب لحظه‌ای بر حسب متر بر مجذور ثانیه

grade : معرف شیب مسیر

می‌باشد و با توجه به مقادیر آن قرار داده می‌شود. برای سناریوهای مورد بررسی در این پژوهش توان ویژه خودرو و تنش موتور به منظور تعیین الگوی رانندگی به‌دست آمد. به این صورت که برای سناریوهای ۱ و ۲ از روش پایش میدانی برای ضبط سرعت لحظه‌ای استفاده شد. بدین منظور از نرم‌افزار جهت‌یابی جغرافیایی بر مبنای GPS استفاده شده‌است. از اینرو در حالتی که نرم افزار مسیریاب فوق روشن بود، مسیر رفت و برگشت را مطابق با الگوی ترافیکی حاکم بر آن منطقه رانندگی کرده و سرعت لحظه‌ای هر ۵ ثانیه یک بار ضبط شده‌است. برای بدست آوردن حجم ترافیک برای سناریو ۱ و ۲ از اطلاعات آماری شرکت کنترل ترافیک تهران استفاده شده‌است. داده‌های حجم ترافیک در بازه‌ی زمانی ۱ تا ۱۵ آبان ۱۳۹۵ و ۱۳۹٦ به صورت ساعتی برای این سناریوها در مسیر شرق به غرب و غرب به شرق تحلیل شده‌است. در این پژوهش با توجه

1. Stop & go

به این که منطقه مورد مطالعه اتوبان است و روشن شدن موتور خودرو در حالت سرد در حین رانندگی در مسیر صورت نمی-پذیرد، از محاسبات مرتبط به الگو استارت خودروها صرف‌نظر شده‌است. کیفیت سوخت، میزان و کمیت مواد افزودنی به آن تاثیر بسزایی در انتشارات حاصل از خودروها دارد. بر اساس نتایج پایش و آنالیز انجام شده میزان بنزن موجود در بنزین بین ٠/٤٦ تا ٢/٥٦ درصد حجمی متغیر است و متوسط گوگرد ppm ١١٤/٧٦ است. هم‌چنین میزان گوگرد موجود در دیزل بین ٧٠٠٠ تا ١٠٠٠٠ppm است[٦]. این موارد در قسمت‌های مربوطه در مدل وارد شده‌است. علاوه بر لزوم تعیین الگوی ترافیکی منطقه مورد مطالعه به منظور تخمین انتشار، تعیین نوع فناوری خودروهایی که در منطقه تردد دارند از اهمیت زیادی برخوردار است. برای تهیه فایل ناوگان جمع‌آوری اطلاعاتی شامل عنوان ناوگان، نوع سوخت (بنزین، گازوئیل، پروپان، CNG ، و ...)، سیستم سوخت‌رسانی (کاربراتور، تزریق تک نقطه ای و ...)، نوع و ویژگی‌های وسایل نقلیه، درصد توزیع وسایل نقلیه مورد نظر، نوع استفاده از سیستم تهویه مطبوع ضروری است. هم‌چنین تعیین سن خودروها برای تهیه فایل ناوگان در نرم افزار IVE مورد نیاز است. نرم افزار IVE سن خودروها را بر اساس کیلومتر پیمایش شده خودروها حساب می‌کند. طبق اطلاعات بدست آمده سهم خودروهای سواری زیر ٥ سال حدود ٥٢ درصد، خودروهای بین ٥ تا ١٠ سال،٢٠ درصد و ٢٦ درصد بقیه را خودروهای بالای ١٠ سال تشکیل داده‌است[٧]. ویژگی‌های فنی ناوگان مورد مطالعه در این پژوهش در جدول (١) ارایه شده است.

جدول ١. فایل ناوگان در پل صدر

Description	Fuel	Weight	Air/fuel control	Evaporative Control	Exhaust Control	Age	Index
Auto/Truck	Petrol	Medium	Carburetor	PCV	3-way	79<K km	27
Auto/Truck	Petrol	Medium	Carburetor	PCV	3-way	80-161 K km	28
Auto/Truck	Petrol	Medium	Carburetor	PCV	3-way	161>K km	29
Auto/Truck	Petrol	Medium	Multi-Port FI	PCV	3-way	79<K km	117
Auto/Truck	Petrol	Medium	Multi-Port FI	PCV	3-way	80-161 K km	118
Auto/Truck	Petrol	Medium	Multi-Port FI	PCV	3-way	161>K km	119
Auto/Truck	Petrol	Medium	Multi-Port FI	PCV	3-way/EGR	79<K km	126
Auto/Truck	Petrol	Medium	Multi-Port FI	PCV	3-way/EGR	80-161 K km	127
Auto/Truck	Petrol	Medium	Multi-Port FI	PCV	3-way/EGR	161>K km	128

Table. 1. Fleet file parameters of Sadr Overpass

شکل ٤. ماتریس تصمیم‌گیری چند معیاره برای پژوهش

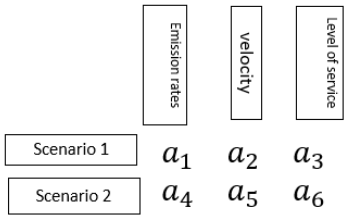

Fig. 4. Components of MCDM matrix

١-٤ مدل تصمیم گیری چند معیاره

تصمیم‌گیری جوهره‌ی اصلی مدیریت است. در این پژوهش نیز از مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه به منظور انتخاب بهترین گزینه تردد در پل صدر استفاده شده است. ماتریس تصمیم-گیری در این حالت مطابق شکل(٤) تنظیم گردیده‌است. در این ماتریس دو شاخص کمی شامل میزان انتشار آلاینده‌ها و سرعت متوسط و یک شاخص کیفی شامل سطح خدمت‌دهی[1] تعریف شده‌است.

نتایج مدل‌سازی میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از تردد خودروها در هر سناریو با نرم افزار IVE، به عنوان اولین

1. Level of Service

شاخص ماتریس تصمیم‌گیری MCDM برای این پژوهش استفاده شده‌است. این شاخص برای سه گروه از آلاینده‌های معیار، آلاینده‌های سمی و گازهای گلخانه‌ای برای هر دو مسیر غرب به شرق و شرق به غرب پل صدر تعریف شده‌است. به این منظور از هر گروه از آلاینده‌ها، آلاینده‌ی شاخص به عنوان عامل موثر در انتشار انتخاب شده‌است. از اینرو گاز دی‌اکسید-کربن به عنوان شاخص گازهای گلخانه‌ای، آلاینده‌ی بنزن به عنوان شاخص آلاینده‌های سمی و آلاینده‌ی کربن‌مونواکسید به عنوان شاخص آلاینده‌های معیار انتخاب شده‌است. برای محاسبه سرعت شبکه به عنوان شاخص دوم ماتریس تصمیم-گیری از روش پایش میدانی و ثبت سرعت لحظه‌ای برای سناریوهای ۱ و ۲ در هر دو مسیر استفاده شد. سطح خدمت‌دهی به منظور برآوردی از وضعیت ترافیک در این پژوهش بررسی شده‌است. برای این منظور از جدول پیشنهادی از کتاب راهنمای جدول بزرگراه‌ها طبق شکل(۵) متناسب با ظرفیت تردد در هر سناریو استفاده شد[۸]. لازم به ذکر است تمامی عناصر ماتریس تصمیم‌گیری برای ساعت اوج ترافیک در هر دو مسیر در پل صدر به‌دست آمده‌است

شکل۵. نرخ تردد در سطح خدمت‌دهی های مختلف (HCM2010)

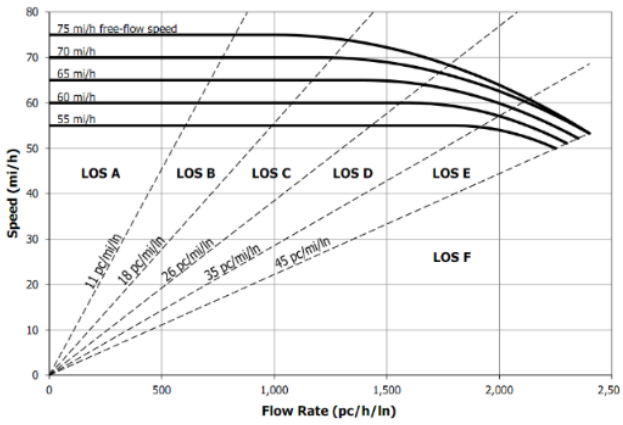

Fig. 5. Flow rate in different level of services (HCM2010)

در این پژوهش برای حل ماتریس تصمیم‌گیری از روش TOPSIS از زیرگروه سازشی که خود زیرمجموعه‌ای از مدل های جبرانی و مدل‌های ارزیابی MCDM است، استفاده شد.

۵. نتایج پژوهش

در این قسمت نتایج حاصل از مدل‌سازی به صورت جداول و نمودارها ارایه شده‌است.

۵-۱. نتایج بررسی وضعیت تردد در مسیر رفت و برگشت پل صدر

بررسی نتایج وضعیت تردد برای مسیر شرق به غرب و غرب به شرق پل صدر در شکل (٦) و (٧) نشان داده شده‌است.

شکل ٦. الگوی تردد در پل صدر مسیر شرق به غرب در شبانه‌روز

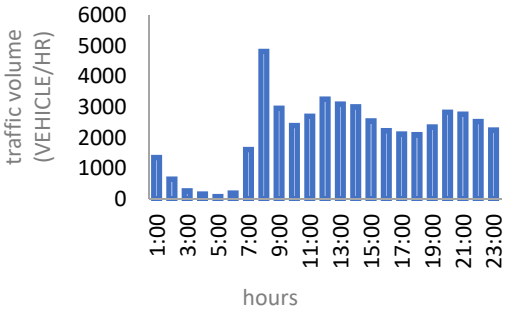

Fig.6. Traffic Pattern of east to west direction, Sadr Overpass

همان‌طور که مشاهده می‌شود برای مسیر شرق به غرب بیشترین حجم تردد در ساعات ۸ الی ۹ صبح می‌باشد. این در حالی است که بیشترین حجم تردد برای مسیر غرب به شرق پل صدر در ساعات ١٦ الی ١٧ است.

شکل۷. الگوی تردد در پل صدر مسیر غرب به شرق در شبانه‌روز

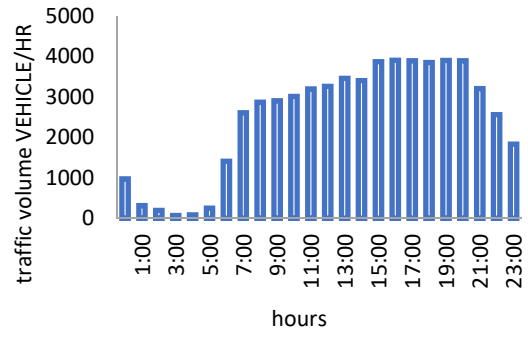

Fig.7. Traffic Pattern of west to east direction, Sadr Overpass

شکل (٨) و (٩) نتایج سیکل رانندگی در پل صدر حاصل از پایش میدانی در هر دو مسیر را در ساعات اوج ترافیک نشان

می‌دهد. در شکل (۹) در مسیر غرب به شرق، در ابتدای پل به علت وجود شیب‌راهه‌ی ورودی از بزرگراه مدرس و جریان ورودی از داخل تونل نیایش، تغییرات زیاد سرعت لحظه‌ای اتفاق می‌افتد و شدت این نوسانات در انتهای پل صدر، به علت خروج جریان از شیب‌راهه‌های کامرانیه و قیطریه، کمتر می‌گردد و نهایتا افزایش سرعت در الگوی رانندگی حاکم بر انتهای پل وجود دارد. در مسیر شرق به غرب پل صدر، نوسان سرعت لحظه‌ای بیشتری به علت وجود شیب‌راهه‌های متعدد و همگرا شدن جریان ورودی از آن‌ها با جریان اصلی پل وجود دارد و الگوی رانندگی حاکم بر آن ناپایدارتر از مسیر غرب به شرق پل است. از اینرو در مسیر غرب به شرق الگوی رانندگی در ساعت اوج ترافیک زمان کمتری را شامل می‌شود. این در حالی است که در مسیر شرق به غرب به علت عدم تخلیه‌ی جریان تا انتهای پل جریان پویایی زیادی داشته، و الگوی تردد توقف- حرکت بیشتری حاکم است و الگوی رانندگی در طول این مسیر زمان زیادتری را در برگرفته‌است.

شکل ۸. الگوی رانندگی مسیر غرب به شرق پل صدر در ساعت اوج ترافیک

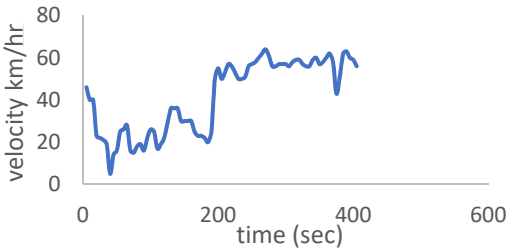

Fig.8. Driving Pattern of west to east direction in the peak time of traffic, Sadr Overpass

شکل ۹. الگوی رانندگی مسیر شرق به غرب پل صدر در ساعت اوج ترافیک

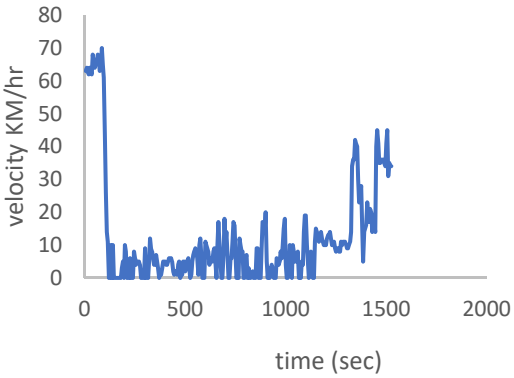

Fig.9. Driving Pattern of east to west direction in the peak time of traffic, Sadr Overpass

۵-۲ نتایج میزان انتشار آلاینده‌ها در هر دو مسیر رفت و برگشت پل صدر برای سناریو ۱ و ۲

در ادامه نتایج خروجی مدل تخمین انتشار آلاینده کربن‌مونواکسید برای سناریوها مورد بررسی در این پژوهش آورده شده‌است. با توجه به شکل(۱۰) و با مقایسه میزان انتشار آلاینده CO برای سناریو ۱ و ۲ مسیر شرق به غرب می‌توان نتیجه گرفت انتشار این آلاینده برای سناریو ۲ یعنی در حالت انسداد کامل شیب‌راهه‌ی بزرگراه صدر مقدار بیشتری دارد. در ساعات اوج ترافیک صبحگاهی یعنی ساعت ۸ الی ۹ صبح بیشترین مقدار CO برای سناریو ۱ برابر است با ۳۰۲/۷۲ کیلوگرم بر ساعت و برای سناریو ۲ معادل ۳۳۷/٦ کیلوگرم بر ساعت است. هم‌چنین با مقایسه دو نمودار مشاهده می‌شود از ساعت ۷ الی ۱۰ صبح هر دو سناریو نتایج خروجی آلاینده‌ی CO نزدیک به هم است. دلیل تشابه نتایج در این ساعات این است که الگوی ترافیک و تردد خودروها در مسیر شرق به غرب در هر دو سناریو در ساعات مذکور، مشابه هم بوده و انسداد کامل در این ساعات در شیب‌راهه‌ی دسترسی از بزرگراه صدر همسطح به روی آن برقرار بوده‌است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود در ساعات اوج ترافیک برای مسیر غرب به شرق یعنی ساعت ١٦ الی ١٧ بیشترین مقدار CO برای سناریو ۱ برابر است با ۱۹۰/۸ کیلوگرم بر ساعت و برای سناریو ۲ معادل ۱۹۷/۹ کیلوگرم بر ساعت است. هم‌چنین با مقایسه دو نمودار مشاهده می‌شود از ساعت ۱۵ الی ۲۱ هر دو سناریو نتایج خروجی آلاینده‌ی CO نزدیک به هم است. دلیل تشابه نتایج در این ساعات این است که الگوی ترافیک و تردد خودروها در مسیر غرب به شرق در هر دو سناریو در ساعات مذکور، مشابه هم بوده-است و انسداد کامل در این ساعات در شیب‌راهه‌ی دسترسی به صدر همسطح به روی آن برقرار بوده‌است.

شکل ۱۰. میزان انتشار آلاینده ی کربن مونو اکسید در سناریوهای ۱ و ۲ مسیر شرق به غرب

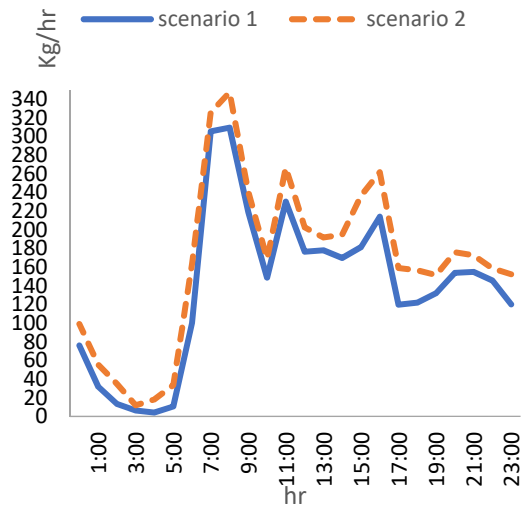

Fig.10. Comparison of Emission Rate of CO for scenarios, east to west direction

در شکل (۱۱) نتایج مقایسه آلاینده کربن مونوکسید برای مسیر غرب به شرق نشان داده شده‌است

شکل ۱۱. میزان انتشار آلاینده ی کربن مونو اکسید در سناریوهای ۱ و ۲ مسیر غرب به شرق

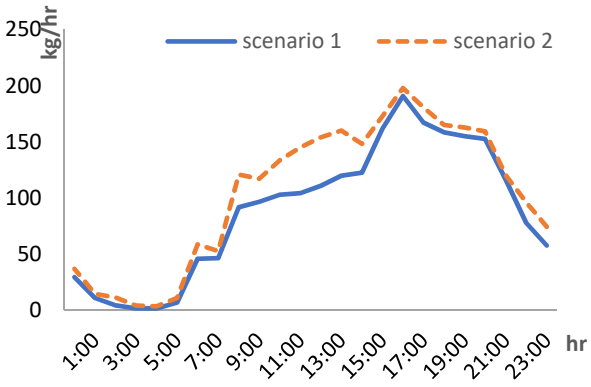

Fig.11. Comparison of Emission Rate of CO for scenarios, west to east direction

۵-۳. نتایج تصمیم گیری با رویکرد MCDM و روش OPSIS

سناریوهای مورد بررسی در این پژوهش با رویکرد تصمیم-گیری MCDM با شاخص‌های میزان انتشار آلاینده‌های حاصل از تردد خودروها، سرعت متوسط خودروها در هر سناریو و سطح خدمت‌دهی قسمت بزرگراهی پل صدر در هر دو مسیر غرب به شرق و شرق به غرب ارزیابی شدند. تحلیل خروجی مقادیر به دست آمده برای عناصر موجود در ماتریس تصمیم-گیری چند معیاره تعریف شده برای این پژوهش، با شاخص-های مذکور در جدول (۲) تا جدول (۵) برای هر دو سناریو و مسیر رفت و برگشت آورده شده‌است. جدول(۲) میزان انتشار آلاینده‌های انتشار یافته در واحد کیلوگرم بر ساعت برای هر دو سناریو در مسیرهای مذکور را نشان می‌دهد.

جدول۲. مقادیر شاخص میزان انتشار برای ماتریس تصمیم‌گیری در هر سناریو

Emission Rates (kg/hr)						Scenarios
West to East			East to west			
CO_2	Benzene	CO	CO_2	Benzene	CO	
7147.62	0.29	190.84	9302.87	0.42	302.72	Scenario 1
7413.34	0.35	197.95	10508	0.48	337	Scenario 2

Table .2. Emission Rates of scenarios in both directions for MCDM matrix

نتایج ارائه شده در جدول (۲) نشان می‌دهد در مجموع میزان انتشار آلاینده‌ها در سناریوی دوم برای هر دو مسیر بیشتر بوده‌است. در جدول (۳) نتایج برآورد شاخص سرعت برای ماتریس تصمیم‌گیری برای مسیر شرق به غرب و غرب به شرق آورده شده است. در مسیر غرب به شرق، انسداد شیب‌راهه‌ی ورودی به بزرگراه صدر همسطح در ساعات اوج ترافیک منجر به افزایش سرعت متوسط شبکه به میزان ٦/٥ درصد نسبت به انسداد کامل مسیر فوق در تمامی ساعات، از ناوگان عبوری می‌گردد.

جدول ۳. مقادیر شاخص سرعت شبکه برای ماتریس تصمیم‌گیری در هر دو مسیر رفت و برگشت

Average speed(km/hr)		Scenarios
West to East	East To west	
29.3	31.6	Scenario 1
27.4	28.2	Scenario 2

Table.3. Velocity Rate for scenarios in both directions for MCDM matrix

مقادیر کیفی شاخص سطح خدمت‌دهی بخش بزرگراهی برای مسیر شرق به غرب و غرب به شرق متناسب با حجم تردد خودروها برای سناریوهای مورد بررسی در این پژوهش در جدول (٤) ارائه شده‌است.

جدول٤. مقادیر کمی شاخص سطح خدمت‌دهی برای ماتریس تصمیم‌گیری در هر دو مسیر رفت و برگشت

Level of service		Scenarios
West to East	East to West	
E	F	**Scenario 1**
E	E	**Scenario 2**

Table. 4. level of service for scenarios in both directions for MCDM matrix

نتایج مدل Topsis از زیر مجموعه‌ی روش MCDM برای این سه سناریو با شاخص‌های ذکر شده مطابق جدول(٥) می‌باشد. شاخص A_i معرف مقدار نزدیکی نسبی شاخص سناریوهای تعریف شده به گزینه‌ی ایده‌آل می‌باشد. هرچه مقدار این شاخص به عدد ١ نزدیک‌تر باشد، گزینه‌های تعریف شده به مقدار ایده‌آل نزدیک‌تر می‌باشند و از الویت بیشتری برخوردارند.

جدول ٥. نتایج حل ماتریس تصمیم گیری با روش Topsis

West to East	East to west	Scenarios
relative proximity of A_i to the ideal solution		
0.67	0.63	Scenario 1
0.53	0.4	Scenario 2

Table. 5. Result values of MCDM matrix with Topsis method

٦. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتایج روش TOPSIS برای سناریوهای بررسی شده در مسیر رفت و برگشت نشان می‌دهد سناریوی دوم برای هر دو مسیر مقادیر A_i کمتری دارد. این موضوع بیان‌گر آن است که شاخص‌های تعریف شده در سناریوی دوم در نتیجه‌ی اعمال محدودیت دسترسی در تمام ساعات شبانه‌روز نسبت به مقدار ایده‌آل از نظر محیط زیست و پارامترهای ترافیکی فاصله‌ی بیشتری نسبت به سناریوی اول دارد.

انتشار کمتر آلاینده‌های ناشی از منابع متحرک به دلیل سهم بالای آن در آلودگی هوای شهری، با اتخاذ گزینه‌ی مناسب اعمال مدیریت تقاضا و سیاست به کارگرفته شده انجام می‌گیرد. نتایج این پژوهش نشان داد از بین دو گزینه‌ی ترافیکی بررسی شده در سناریوهای ١ و ٢، گزینه‌ی اول منجر به ترافیک کمتر و پایداری بیشتر جریان و در نتیجه کاهش الگوی توقف–حرکت و انتشار آلاینده‌های هوای کمتری می‌شود. هم‌چنین مسدود بودن شیب‌راهه‌ی دسترسی از صدر همسطح در تمامی ساعات شبانه‌روز، منجر به انتقال بار ترافیک ورودی از آن شیب‌راهه در طول عرشه‌ی اصلی و درنتیجه افزایش الگوی توقف–حرکت در طول پل شده و منجر به کاهش سرعت شبکه می‌شود. در نتیجه انتشار آلاینده‌های ناشی از تردد خودروها بیشتر شده و از اینرو انسداد مسیر مذکور در تمامی ساعات از منظر زیست‌محیطی پیشنهاد نمی‌شود.

در مسیر غرب به شرق پل صدر با مقایسه‌ی این دو سناریو نتیجه گرفته‌شد انسداد کامل مسیر شیب‌راهه‌ی صدر همسطح در تمامی ساعات منجر به خارج نشدن بخشی از بار ترافیکی ورودی از تونل نیایش به صدر همسطح و انتقال این بار در طول پل و عرشه اصلی در تمامی ساعات می‌شود. بنابراین الگوی توقف–حرکت در طول پل بیشتر شده و حجم خودروها از روی پل دیرتر تخلیه می‌شود. مدل‌سازی آلاینده‌های ناشی از تردد با مدل IVE نشان داد که انتشار آلاینده‌ها در سناریوی دوم در این مسیر نیز بیشتر می‌باشد. ازاینرو انسداد کامل این مسیر در تمامی ساعات شبانه‌روز از منظر زیست‌محیطی پیشنهاد نمی‌شود. در این مسیر انسداد شیب‌راهه‌ی ورودی به بزرگراه صدر همسطح در ساعات اوج ترافیک منجر به کاهش انتشار آلاینده‌ی کربن‌مونواکسید به میزان ١٧/٢٢ درصد در یک شبانه‌روز و افزایش سرعت متوسط شبکه به میزان ٦/٤٨ درصد نسبت به انسداد کامل مسیر فوق در تمامی ساعات، از ناوگان عبوری می‌گردد.

در این پژوهش به علت در اختیار نبودن اطلاعات به روز از ترکیب ناوگان عبوری از روی پل صدر، از درصد خودروهای دوگانه سوز و هم‌چنین نوع سیستم سوخت رسانی دیگر خودروهای عبوری با فراوانی کمتر، صرف نظر شده‌است. از اینرو مطالعات بیشتری با لحاظ کردن این فرضیات و ترکیب ناوگان به روزتر می‌تواند نتایج دقیق‌تری را ارائه دهد. هم‌چنین تحقیقات بیشتری در زمینه‌ی مدیریت حجم ترافیک در داخل تونل نیایش و تاثیر آن بر جریان ترافیک روی پل صدر با هدف دستیابی به کمترین میزان انتشار و پایداری بیشتر جریان می‌تواند انجام گیرد تا مدیریت شهری را به اهداف توسعه‌ی پایدار نزدیک‌تر کند.

٧. تشکر و قدردانی

بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از شرکت کنترل

ترافیک تهران و مرکز کنترل ترافیک تونل نیایش و بزرگراه طبقاتی شهید صدر که با در اختیار گذاشتن اطلاعات ترافیکی پل صدر در پیشبرد این پژوهش نقش داشته‌اند، اعلام می نماید

۸. مراجع

Reference

[1] M. Habibian, K. Khanali, M. Shanazari, Assessing the Effect of Cordon Pricing Policy on Emission Reduction Benefit in Central Isfahan, (2018) 18-04816.
[2] M. Habibian, M. Ostadi Jafari, Assessing the role of transportation demand management policies on urban air pollution: A case study of Mashhad, Iran, in: U.S.-Iran Symposium on Air Pollution in Megacities, National Academies of Sciences and Engineering, Beckman Center in Irvine, CA, 3-5th Sep, CA, USA., 2013.
[3] Tehran Traffic Control Company - Tehran Municipality, in.
[4] K. Ahn, H. Rakha, A field evaluation case study of the environmental and energy impacts of traffic calming, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 14(6) (2009) 411-424.
[5] IVE Model User Manual .version 2.0.1 May 2008.
[6] M. Naderi, V. Hosseini, Monitoring the quality of gasoline and diesel fuel in Tehran, Technical Report of the Air Quality Control Company, 2011-2014.
[7] M. Mir Mohammadi, Effects of public transport development on reducing air pollution in terms of indicators, Report of the Center for Study and Planning of Tehran City, 2016.
[8] HCM 2010 : highway capacity manual, Fifth edition. Washington, D.C. : Transportation Research Board, c2010-, 2010.

Traffic scenarios on Sadr Overpass: A multi-criteria analysis considering air pollution

Torkan Alisoltani[1], Majid Shafiepour*[2], Khosro Ashrafi[3], Meeghat Habibian[4]

1-Graduate Student, School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
2 -Assistant professor, School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
3 -Associate professor, School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
4-Assistant Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology

***shafiepour@ut.ac.ir**

Abstract

Traffic management in cities necessitates the implementation of comprehensive strategies and correct scheduling of demand management in order to reach sustainable development goals. Transportation is the main contributor to urban air pollution imposing high cost to communities. Emission from mobile sources in Tehran is responsible for 85 percent of the total air pollutant emissions. Therefore, assessment of emission rates in different districts may be used as the base for air quality management decisions. Due to the complexity of effective policies that lead to environmental sustainability for reducing the emissions of air pollutants caused by transportation using Multi Criteria Decision Making (MCDM) approaches could be an effective and the most appropriate approach. Sadr overpass is one of the east to west main corridors in Greater Tehran Area and embeds a large amount of traffic volume. Therefore, assessing different and alternative traffic scenarios and its modeling incorporating air pollution concerns, promotes imposition of the most environmentally preferred traffic demand management policies. This study aims to investigate different alternatives to access Sadr Overpass of Tehran using different ramps and estimating the air pollution caused by the traffic volumes in each access mode. These scenario alternatives have been evaluated using MCDM. Therefore, the different access routes via ramps of Sadr Overpass to its main lanes are considered in terms of the two formerly implemented scenarios. The first implemented scenario is defined as the air pollution caused by the traffic volume due to limitation of access that was implemented before 21 June of 2017. In this period of time, in the east to west direction, the limitation of access to Sadr Overpass was imposed via lower level Sadr ramp in between 7 to 10 AM and during the closure of this ramp, vehicles could access the overpass and Niayesh Tunnel via Qeytarieh and Kaveh ramps. In other side of the overpass, the first ramp leading the lower level is closed at 15 to 21 and vehicles could not access Sadr Expressway via this ramp. The second scenario is defined at the period of time that the limitation of access in both directions, was imposed all over during the day time permanently that is from 21 June 2017 till now. Air pollution caused by each mode of transportation is modeled using IVE that is an International Vehicle Emission Model to simulated emissions from motor vehicles. The IVE model uses local vehicle technology levels and its distribution and includes emission factors for estimating the air pollutants. Furthermore, these scenarios have been compared using Multiple-Criteria Decision Making approach and the evaluated criteria are the emission rates of motor vehicles, velocity and level of service (LOS) of the expressway. The results show that the evaluated scenarios are ranked as per their level of priority as the first and the second implemented scenarios, respectively. Also, it is shown that in the east to west direction, closure of lower level Sadr ramp in the morning peak time of traffic volume reduces the emission rates of CO pollutants by 10 percent in that time. Similarly, in the west to east direction, limiting the access to the lower level Sadr ramp during 16-17 hours reduces the CO emissions by 3.5 percent.

Keywords: Air pollution, Traffic, Multi Criteria Decision Making, Transportation, Demand Management