

شبیه‌سازی و تعیین اثرات ترافیکی طرح احداث پایانه‌های اتوبوس بین شهری با استفاده از نرم‌افزار EMME/2

عبدالرضا ابراهیمی، امید افصحی^۲، مریم عسگری پور

- ۱- کارشناس ارشد راه و ترابری، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران
- ۲- کارشناس ارشد راه و ترابری، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران
- ۳- کارشناس برنامه‌ریزی حمل و نقل، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران

چکیده

تهران به عنوان بزرگ‌ترین شهر و پایتخت ایران، یکی از شهرهایی است که روزانه تعداد قابل توجهی مسافر به آن وارد و یا از آن خارج می‌شود. به طوری که نزدیک به ۱۷ درصد سفرهای روزانه شهر تهران ناشی از تردد دروازه‌ای اعم از زمینی، ریلی و هوایی است. بنابراین توجه به زیرساخت‌های حمل و نقل بین‌شهری (پایانه‌های مسافری بین‌شهری) از اهمیت بسزایی برخوردار است. مکان‌یابی مناسب منجر به رشد سفر، هماهنگی بیشتر و عملکرد مناسب اتوبوس‌ها برای ارائه خدمات به مناطق دور افتاده و در کل بهبود عملکرد پایانه‌ها می‌شود. به منظور تعیین اثرات ترافیکی ناشی از احداث پایانه‌های جدید باید تقاضای جذب شده به هر یک از پایانه‌ها برآورد گردد. بنابراین در این مقاله با استفاده از اطلاعات زمان سفر روی کمان‌های شبکه با استفاده از الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر، تقاضای سفرهای برون‌شهری نواحی ترافیکی به پایانه‌ها تخصیص داده شد و در این تخصیص محدودیت ظرفیتی نیز برای پایانه‌های جدید (باتوجه به ظرفیت پایانه‌ها و سطح عملکردشان) لحاظ گردید تا میزان جذب سفر به این پایانه‌ها به طور منطقی برآورد شود. پس از آن به منظور بررسی میزان تاثیر طرح پایانه‌ها، سناریوهای پیشنهادی در مدل حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران که در نرم‌افزار *EMME/2* پیاده‌سازی شده شبیه‌سازی شده است. و در نهایت شاخص‌های عملکردی حاصل از تحلیل تقاضای حمل‌ونقل در سال ۱۴۰۴ و بارگذاری تقاضای مزبور بر شبکه‌های فرضی در قالب سناریوهای مختلف با استفاده از نتایج تخصیص ترافیک توسط نرم‌افزار *EMME/2* ارائه شده است.

کلید واژه: پایانه، برآورد تقاضا، شبیه‌سازی، نرم‌افزار *EMME/2*.

۱- مقدمه

با توجه به وضعیت جغرافیایی کشور و پراکندگی نقاط شهری، هزینه زیاد حمل و نقل هوایی، پوشش ناکافی خطوط ریلی و سطح درآمد پایین افراد جامعه، استفاده از حمل و نقل جاده‌ای به اولین انتخاب برای سفرهای بین‌شهری تبدیل شده است. بنا بر آمار سازمان راهداری، بیش از ۹۰ درصد مسافران از طریق جاده‌ها صورت می‌پذیرد. بنابراین توجه به زیرساخت‌های حمل و نقل بین‌شهری از اهمیت بسزایی برخوردار است. یکی از اصلی‌ترین این زیرساخت‌ها، پایانه‌های مسافری بین‌شهری است [۱].

تهران یکی از شهرهایی است که روزانه تعداد قابل توجهی مسافر به آن وارد و یا از آن خارج می‌شود. به طوری که نزدیک به ۱۷ درصد سفرهای روزانه شهر تهران ناشی از تردد دروازه‌ای اعم از زمینی، ریلی و هوایی است. با استفاده از سه سیستم حمل و نقل عمومی زمینی (اتوبوس، مینی‌بوس، سواری کرایه)، ریلی (راه‌آهن) و هوایی روزانه بیش از ۲۲۰ هزار مسافر از شهر تهران خارج و یا به شهر تهران وارد می‌شوند که بر اساس مطالعات انجام شده به طور متوسط هر مسافر سیستم‌های فوق معادل ۲ سفر درون‌شهری در شبکه معابر شهر تهران ایجاد تقاضا می‌کند و این بدان معنی است که از ۱۵ میلیون سفر سواره روزانه شهر تهران نزدیک به ۴۵۰ هزار سفر آن ناشی از مسافرت‌های بین‌شهری از طریق پایانه‌ها می‌باشد که سهمی در حدود ۳ درصد را شامل می‌شود [۲].

تا قبل از راه‌اندازی پایانه بیهقی، مسافران جاده‌ای تهران مجبور بودند سفر نسبتاً طولانی را از مبدا خود به یکی از پایانه‌های جنوب، غرب و یا شرق انجام دهند و سپس از این پایانه‌ها یک سفر بین‌شهری انجام دهند به طوری که زمان سفر آن‌ها در داخل تهران در مقایسه با زمان سفر بین‌شهری کاملاً قابل توجه و آزاردهنده بود. اما احداث پایانه بیهقی و استقبال گسترده مردم از آن نشان داد که توسعه تعداد پایانه‌ها یکی از راه‌کارهای مناسب کاهش سفرهای درون‌شهری (به منظور دستیابی به یکی از پایانه‌ها) باشد.

مکان پایانه‌های اتوبوس بین‌شهری موضوعی مهم در بهبود سرویس‌ها به شمار می‌رود. پایانه‌ها اگر در مکان مناسبی واقع نباشد از میزان هماهنگی لازم و مسافرین بالقوه می‌کاهد. بهبود پایانه‌ها منجر به رشد سفر، هماهنگی بیشتر و عملکرد مناسب اتوبوس‌ها برای ارائه خدمات به مناطق دور افتاده می‌شود.

از طرفی حضور پایانه در یک منطقه از شهر دارای پیامدهای منفی از جمله آلودگی صوتی و زیست‌محیطی است. همچنین موقعیتی ایجاد می‌کند که برای سکونت مطلوب و آرام نیست و تداخل مسائل و مشکلات ناشی از حضور پایانه با زندگی روزمره مردم را به دنبال خواهد داشت.

بنابراین مکان و نحوه دسترسی این پایانه‌ها به شبکه معابر شهری دو عاملی هستند که در سیستم حمل و نقل یک شهر می‌بایست به آن‌ها پرداخته شود و قبل از بررسی طرح‌های توسعه پایانه‌ها،

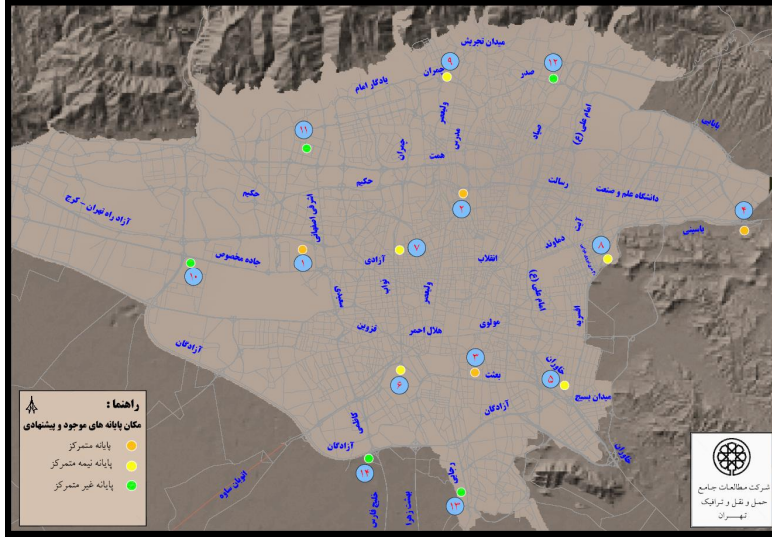
موقعیت پایانه‌ها مورد بررسی دقیق قرار گیرد. از آنجا که ساخت معابر مستلزم هزینه کلان می‌باشد، لذا قبل از اجرای یک پروژه باید اثرات ترافیکی ناشی از آن مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد تا پروژه منطبق با اهداف مورد نظر اجرا گردد. مقاله حاضر نیز مربوط تحلیل و ارزیابی طرح پیشنهادی پایانه‌های شهر تهران در محیط نرم‌افزاری EMME/2 می‌باشد.

در این مقاله ابتدا در بخش عرضه حمل و نقل به تعریف شبکه معابر و سیستم حمل و نقل عمومی پرداخته می‌شود. سپس در بخش ارزیابی سناریوها، شاخص‌های عملکردی ناشی از اجرای مدل شهر تهران برای سناریوهای مختلف ارائه می‌گردد. در پایان به منظور راحتی مقایسه شاخص‌های عملکردی، تحلیلی از نتایج تخصیص مورد بررسی قرار می‌گیرد.

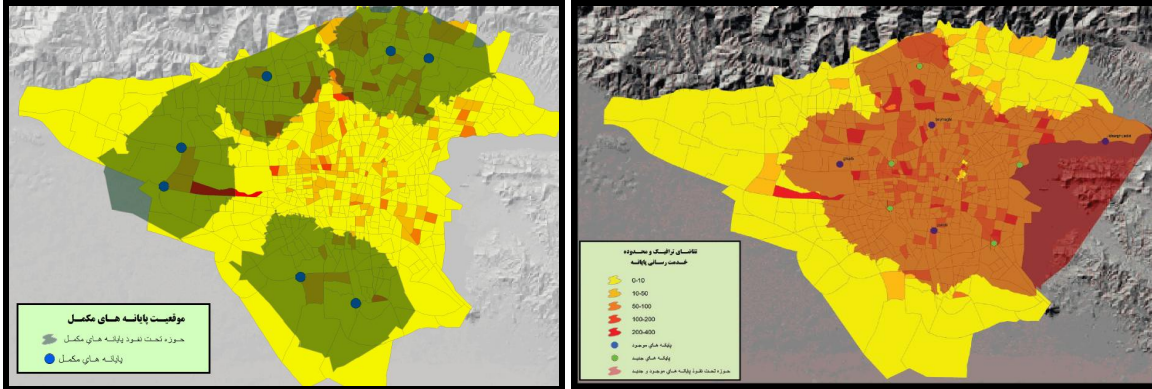
این مقاله با بررسی مبانی تئوری و روند توسعه مدل‌سازی حمل و نقل شهری تهران به بررسی و ارزیابی سناریوهای مطرح پرداخته و تاثیر هر یک از این سناریوها را در بهبود وضعیت ترافیک در شبکه معابر شهر تهران را از دیدگاه شاخص‌های عملکردی حمل و نقل و ترافیک ارائه می‌نماید.

۲- موقعیت پایانه‌های پیشنهادی طرح جامع

در مطالعات طرح جامع پایانه‌های شهر تهران برای مکان‌یابی پایانه‌های اتوبوس بین شهری با استفاده از روش P-Median مدلی ارائه شده است. در این آنالیز برای هر کاربری پارامترهای اقتصادی، اجتماعی، ترافیکی در نظر گرفته شده و هر پارامتر به یک لایه اطلاعاتی تبدیل گردید. سپس برای محاسبه میزان مطلوبیت قسمت‌های مختلف منطقه مورد مطالعه، لایه‌های اطلاعاتی با توجه به ارزش‌های محاسبه شده برای هر لایه، با استفاده از روش مدل منطق بولین تلفیق شد و در نهایت الگوریتم PMP به منظور کمینه‌نمودن زمان سفر مسافران بین شهری به پایانه‌ها اجرا گردید. روند انتخاب سناریوهای کاندید به شکلی بوده که انتخاب مکان پایانه‌ها توسط مدل منجر به نقاطی گردد که ویژگی‌های مناسبی از نظر دسترسی به شبکه معابر بزرگراهی و نیز سرویس‌های حمل و نقل همگانی داشته باشند. در نهایت به منظور شناسایی مکان‌های مطلوب برای این پایانه‌ها اقدام به بازدیدهای میدانی از این محل‌ها انجام گرفت. در پایان مکان نهایی پایانه‌ها و سطح عملکردی آن‌ها تعیین گردیده که در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: مکان نهایی پایانه‌ها به همراه نوع عملکرد آن‌ها.



شکل ۲: محدوده خدمت‌رسانی پایانه‌ها با احداث ۵ پایانه جدید. شکل ۳: محدوده خدمت‌رسانی پایانه‌های مکمل.

۲-۱- تعیین سطح عملکردی پایانه‌های جدید

به منظور تعیین سطح عملکردی پایانه‌های جدید و تعیین نوع پایانه به لحاظ عملکرد (نیمه متمرکز و غیر متمرکز بودن)، با توجه به اینکه با افزایش فاصله نقاط تقاضا از پایانه‌ها، میزان تمایل افراد برای استفاده از آن پایانه کاهش می‌یابد. اطلاعات مربوط به تقاضای نواحی ترافیکی و فاصله نواحی ترافیکی از پایانه‌ها استخراج گردید.

جدول ۱: سطح نسبی فعالیت پایانه‌های جدید.

شماره پایانه	نزدیکترین تقاطع، بزرگراه یا مکان مهم	سطح نسبی فعالیت پایانه‌ها (درصد)
۱	بزرگراه نواب- قزوین	۱۵/۹۹
۲	سه راه افسریه	۸/۱۲
۳	بزرگراه چمران- فاطمی	۱۶/۴۱
۴	بزرگراه اسب دوانی- کوی زینبیه	۷/۶۵
۵	بزرگراه چمران (محدوده نمایشگاه بین‌المللی)	۷/۹۳
۶	بزرگراه رجایی- متروی شهری	۶/۱۶
۷	بزرگراه آزادگان- خلیج فارس	۷/۱۴
۸	بزرگراه (تهران- کرج)- آزادگان	۵/۱۸
۹	بزرگراه آزادگان- فتح	۴/۶۸
۱۰	بزرگراه نیایش- اشرفی اصفهانی	۶/۸۵
۱۱	بزرگراه صدر- خیابان قیطریه	۷/۶۱
۱۲	بزرگراه بابایی- امام علی (ع)	۶/۲۷

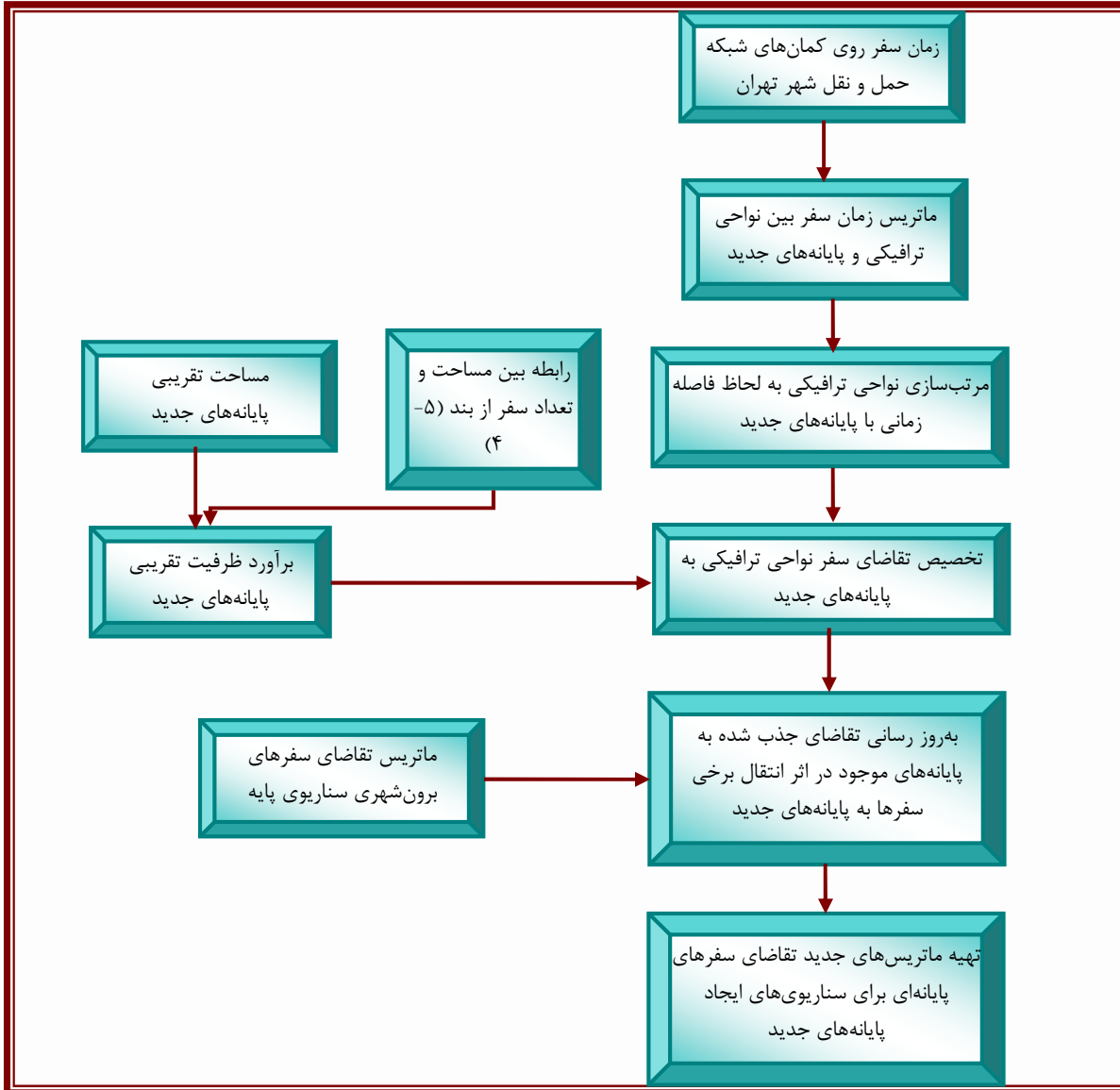
در جدول ۲ ویژگی‌های این پایانه‌ها شامل مکان، مساحت زمین‌های موجود، کاربری‌های تعریف شده در طرح جامع، بزرگراه‌های مجاور پایانه‌ها، مساحت در نظر گرفته شده برای پایانه و ظرفیت پایانه ارایه شده است.

جدول ۲: ویژگی‌های پایانه‌های پیشنهادی.

شماره پایانه	محل	نوع کاربری تعریف شده در طرح جامع	مساحت تقریبی زمین قابل تملک	مساحت پایانه (متر مربع)	ظرفیت روزانه پایانه (مسافر)	نام بزرگراه‌های نزدیک به پایانه
۵	شمال پایانه خاوران	خدماتی	بیش از ۲ هکتار	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	افسریه- خاوران- بعثت- امام رضا
۶	پادگان قلعه مرغی	حفاظت شده	بیش از ۲ هکتار	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	سعیدی- نواب- تندگویان
۷	بزرگراه چمران- فاطمی	خدماتی	بیش از ۲ هکتار	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	چمران
۸	کوی زینبیه	خدماتی	بیش از ۲ هکتار	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	افسریه
۹	بزرگراه چمران- خیابان یمن	خدماتی	بیش از ۲ هکتار	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	چمران
۱۰	تهرانسر	مختلط	بیش از ۲ هکتار	۲۰۰۰	۱۶۵۰	جاده مخصوص- آزادگان
۱۱	پونک	خدماتی	۱۲۰۰۰ مربع	۲۰۰۰	۱۶۵۰	اشرفی اصفهانی- همت
۱۲	میدان نوبنیاد	مختلط	۶۰۰۰	۲۰۰۰	۱۶۵۰	صدر
۱۳	متروی شهری	خدماتی	بیش از ۲ هکتار	۲۰۰۰	۱۶۵۰	رجایی
۱۴	بزرگراه آزادگان- میدان جهاد	تعریف نشده (خارج از محدوده)	بیش از ۲ هکتار	۲۰۰۰	۱۶۵۰	خلیج فارس- آزادگان

۳- برآورد ماتریس تقاضای سفرهای برون شهری پس از احداث پایانه‌های جدید

به منظور تعیین اثرات ترافیکی ناشی از احداث پایانه‌های جدید باید تقاضای جذب شده به هر یک از پایانه‌ها برآورد گردد. بنابراین در این بخش با استفاده از اطلاعات زمان سفر روی کمان‌های شبکه با استفاده از الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر، تقاضای سفرهای برون شهری نواحی ترافیکی به پایانه‌ها تخصیص داده شد و در این تخصیص محدودیت ظرفیتی نیز برای پایانه‌های جدید (باتوجه به ظرفیت پایانه‌ها و سطح عملکردشان) لحاظ گردید تا میزان جذب سفر به این پایانه‌ها به طور منطقی برآورد شود. شکل ۴ روند تهیه ماتریس جدید تقاضای سفرهای برون شهری را نشان می‌دهد.



شکل ۴: نمودار جریان تهیه ماتریس جدید تقاضای سفرهای برون‌شهری.

۳-۱- تهیه ماتریس برای مدل‌سازی ایجاد پایانه‌های نیمه متمرکز

پس از مکان‌یابی پایانه‌ها و تعیین سطح عملکرد آنها مساحت تقریبی برای هر یک از پایانه‌های نیمه متمرکز ۱۰۰۰۰ متر مربع در نظر گرفته شد. با توجه به رابطه بین مساحت و تعداد سفر، مجموع ظرفیت روزانه این پایانه‌ها محاسبه شد. این ظرفیت جذب سفر با توجه به رابطه بین تعداد سفرهای روزانه و تعداد سفرهای ساعت اوج پایانه‌ها، تبدیل به تعداد سفرها در ساعات اوج گردید. سپس مطابق الگوریتمی که در شکل ۴ ارائه شده است، ماتریس سفرهای پایانه‌ای به روز رسانی گردید. در جدول

۲ میزان تقاضای ساعتی هر یک از پایانه‌های متمرکز و نیمه متمرکز پس از احداث پایانه‌های نیمه متمرکز ارایه شده است. در جدول ۳ میزان تقاضای ساعتی هر یک از پایانه‌های متمرکز و نیمه متمرکز پس از احداث پایانه‌های نیمه متمرکز ارایه شده است.

جدول ۳: میزان تقاضای تخصیص داده شده به هر پایانه در حالت احداث پایانه نیمه متمرکز.

شماره پایانه	تقاضا (تعداد مسافر در ساعت اوج)
1	1449
2	502
3	1241
4	397
5	265
6	213
7	283
8	246
9	252

۳-۲- تهیه ماتریس برای مدلسازی ایجاد پایانه‌های نیمه متمرکز و غیر متمرکز

روشن است که عملکرد و کارکرد پایانه‌های غیر متمرکز مستقل از پایانه‌های متمرکز و نیمه متمرکز نمی‌باشد به همین دلیل در این بخش تمامی پایانه‌های پیشنهادی مورد توجه قرار گرفت. برای هر یک از پایانه‌های غیر متمرکز مساحت ۲۰۰۰ متر مربع زمین در نظر گرفته شد. با استفاده از اطلاعات ارایه شده در فصل ۵، ظرفیت جذب پایانه‌ها محاسبه شد. این ظرفیت جذب با توجه به ضرایب تبدیل سفرهای روزانه به ساعتی، به ظرفیت جذب ساعتی تبدیل گردید. در ادامه مطابق الگوریتم ارایه شده در شکل ۴، ماتریس سفرهای پایانه‌ای به روز رسانی شد. در جدول ۴ میزان تقاضای ساعتی هر یک از پایانه‌های پس از احداث پایانه‌های نیمه متمرکز و غیر متمرکز ارایه شده است.

جدول ۴: میزان تقاضای تخصیص داده شده به هر پایانه.

شماره پایانه	تقاضا (تعداد مسافر در ساعت اوج)	شماره پایانه	تقاضا (تعداد مسافر در ساعت اوج)
1	1377	8	234
2	477	9	239
3	1179	10	55
4	377	11	60
5	252	12	50
6	202	13	40
7	269	14	40

۴- شبیه‌سازی سناریوهای پیشنهادی

به منظور بررسی میزان تاثیر طرح پایانه‌ها، سناریوهای پیشنهادی در مدل حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران که در نرم‌افزار EMME/2 پیاده‌سازی شده شبیه‌سازی شد. سناریوهای پیشنهادی طرح پایانه‌های شهر تهران عبارتند از: سناریوی الف) وجود پایانه‌های متمرکز به تنهایی ب) ایجاد پایانه‌های نیمه متمرکز و ج) ایجاد پایانه‌های نیمه متمرکز و غیر متمرکز.

۴-۱- مدل حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران

مدل‌سازی سیستم حمل‌ونقل شهری به دو بخش کلی مدل‌سازی عرضه سیستم و مدل‌سازی تقاضای سفر تقسیم می‌شود. مدل عرضه سیستم شامل اطلاعات مربوط به اجزا شبکه خیابانی، اجزا شبکه حمل‌ونقل عمومی و توابع عملکردی اجزا فوق بوده و مدل تقاضای حمل‌ونقل شامل اطلاعات مربوط به ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی و توابع تقاضای سفر است.

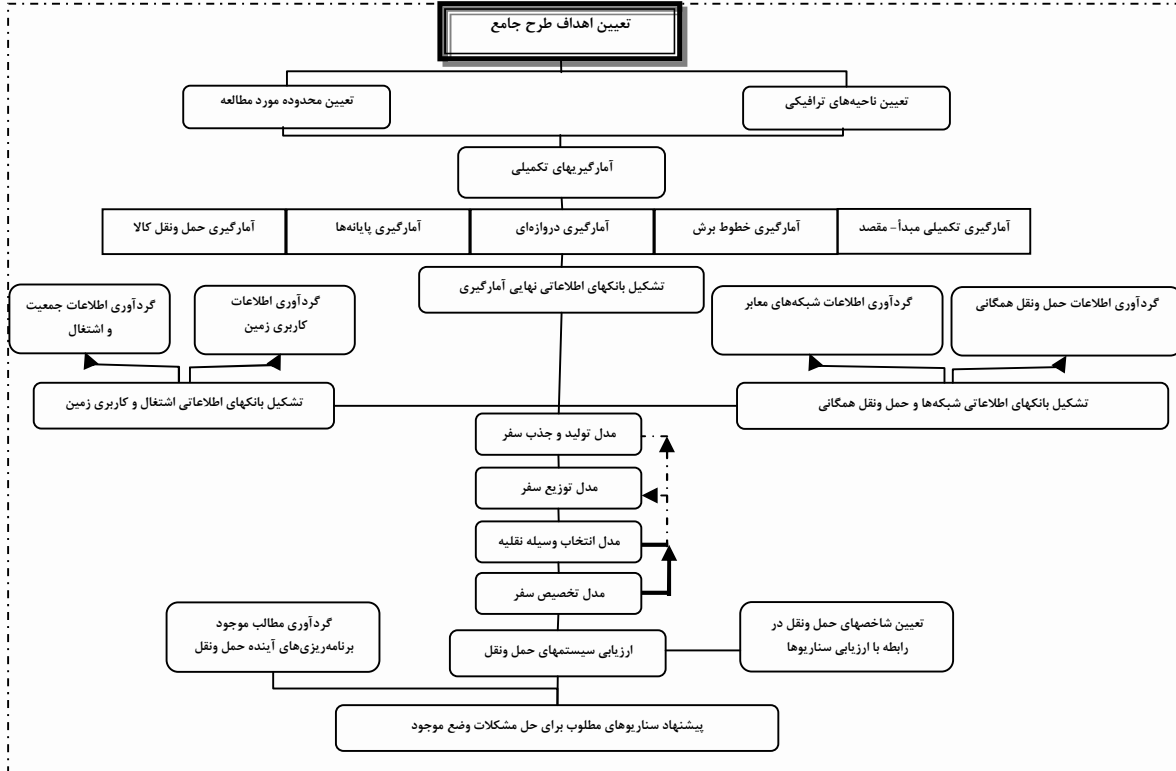
برای حل دستگاه مدل‌های عرضه و تقاضا، پذیرفتن فرضیاتی در نحوه انتخاب مسیر استفاده‌کنندگان لازم بوده و به کمک این فرضیات نحوه تخصیص تقاضای سفر به کمان‌های شبکه مشخص می‌شود. فرآیند تخصیص ماتریس تقاضا به کمان‌های شبکه "تخصیص ترافیک" نامیده می‌شود. با داشتن مدل‌های عرضه و تقاضا و به وسیله تخصیص ترافیک می‌توان خصوصیات عملکردی شبکه و از جمله حجم جریان و زمان سفر کمان‌های شبکه، که خواسته اصلی در مدل‌سازی حمل‌ونقل است، را بدست آورد.

عرضه سیستم و تقاضای حمل‌ونقل بر یکدیگر تاثیر متقابل دارند زیرا از یک طرف افزایش (کاهش) عرضه سیستم، تقاضای سفر را افزایش (کاهش) می‌دهد و از طرف دیگر افزایش (کاهش) تقاضای سفر، عرضه سیستم را کم (زیاد) می‌کند. این تاثیر متقابل را می‌توان با وارد کردن متغیرهای عملکردی سیستم (مانند زمان سفر کمان‌های شبکه) در توابع تقاضا مدل کرد و با حل دستگاه مدل‌های عرضه و تقاضا، تقاضای سفر و نیز خصوصیات عملکردی اجزا شبکه خیابانی و شبکه حمل‌ونقل عمومی را بدست آورد. پس از اینکه مدل تخصیص ترافیک برای شهر تهران ساخته شد، با استفاده از این مدل می‌توان برآوردی از وضعیت حمل‌ونقل در شبکه را برای هر سیستم حمل‌ونقل و هر تقاضایی ارائه داد [۳].

مدل حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران که از نوع مدل‌های چهار مرحله‌ای است شامل چهار زیر مدل است که برای پیش‌بینی سفرهای درون‌شهری به تفکیک ساعت روز، هدف سفر، زوج مبدا-مقصد، وسیله‌نقلیه و مسیر منتخب به کار می‌رود. زیر مدل‌های این روش علاوه بر مدل تخصیص ترافیک از

مدل‌های ایجاد سفر، توزیع سفر و تفکیک سفر تشکیل شده‌اند. انواع مدل‌های برآورد تقاضای سفر مورد استفاده در مدل شهر تهران براساس مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل شهر تهران در جدول ۵ ارائه شده است. همچنین در شکل ۵ نمودار طرح کلی مدل چهار مرحله‌ای مورد استفاده در طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران آورده شده است [۱].

مدل حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران در نرم‌افزار EMME/2 پیاده شده است. این نرم‌افزار در سه دهه اخیر در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل کاربرد روزافزونی یافته است. EMME/2 ابزار مناسبی را برای مدل‌سازی عرضه سیستم و تخصیص ترافیک در اختیار برنامه‌ریزی حمل‌ونقل قرار داده و امکان دستیابی به اطلاعات شبکه، تقاضا و نتایج تخصیص ترافیک را به صورت انواع گزارش و تصویر فراهم می‌سازد. بانک اطلاعاتی در نرم‌افزار محلی برای نگهداری اطلاعات مربوط به اجزا شبکه خیابانی، اجزا شبکه حمل‌ونقل عمومی، ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی جمعیت، تقاضای کالا و مسافر، و توابع عملکردی سیستم در یک منطقه مورد مطالعه است. در یک بانک اطلاعاتی سه دسته اطلاعات شامل شبکه، ماتریس و توابع وجود دارد. اغلب اطلاعات مربوط به اجزای شبکه، ماتریس‌ها، و توابع را می‌توان به کمک تعدادی از برنامه‌های EMME/2 از فایل‌های متنی، به محیط نرم‌افزار وارد کرد. این فایل‌های متنی، تابلوهای اطلاعاتی نامیده می‌شوند. به برنامه‌های ویژه‌ای که در محیط کار EMME/2 قابل اجرا باشند ماکرو گفته می‌شود.



شکل ۵. نمودار طرح کلی مدل چهار مرحله‌ای مورد استفاده در طرح جامع تهران.

جدول ۵. انواع مدل‌های مورد استفاده در مدل شهر تهران.

نام مدل	نوع مدل	متغیرهای ورودی‌های مورد استفاده در مدل
تولید و جذب سفر	روندگرای خطی	جمعیت ساکن - جمعیت شاغل - تعداد دانش آموز و دانشجو در محل سکونت و تحصیل - تعداد کارمندان در محل شغل - سرانه مالکیت سواری شخصی - تعداد تخت بیمارستان - تعداد پارک
توزیع سفر	فراتر (Fratar)	حجم سفرهای از مبدا (i) به مقصد (j) با هدف سفر مورد نظر
انتخاب وسیله نقلیه همراه با مدل سهم مترو از سایر وسایل نقلیه	لوجیت آشیانه‌ای و توابع S شکل	<ul style="list-style-type: none"> - زمان سفر داخل و خارج اتوبوس واحد - زمان سفر با تاکسی و مسافرکش - زمان سفر با سواری شخصی - زمان سفر با موتورسیکلت - میزان سرانه مالکیت سواری شخصی - ماتریس کل سفرهای انجام شده برای هر زوج مبدا- مقصد (i,j) با مترو، که قبلاً با وسیله نقلیه نوع دیگری (سواری شخصی، مینی‌بوس، تاکسی و مسافرکش و دوچرخ) انجام شده است. - ماتریس زمان سفر با سیستم حمل و نقل عمومی بدون مترو - ماتریس زمان سفر با سیستم حمل و نقل عمومی با مترو - ماتریس کل سفرهای انجام شده برای هر زوج مبدا- مقصد بدون مترو
تخصیص ترافیک چندوسیله‌ای (Auto) و ترانزیت (Transit)	روش تعادلی فرانک ولف	<ul style="list-style-type: none"> - ماتریس تقاضای سفر کلیه وسایل مجاز به استفاده از محدوده طرح ترافیک (همسنگ سواری) - ماتریس تقاضای سفر سواری‌های بدون آرم (همسنگ سواری) - ماتریس تقاضای سفر کامیون‌های سنگین غیرمجاز به عبور از داخل شهر (همسنگ سواری) - زمان سوار شدن - ضریب زمان انتظار - وزن زمان انتظار - وزن زمان پیاده‌روی - وزن زمان سوار شدن - توابع زمان سفر حجم بر روی کمان‌های شبکه خیابانی (کمان‌های منتهی به تقاطع‌های چراغ‌دار و بدون چراغ) - توابع زمان سفر وسایل حمل و نقل عمومی

یک ماکرو در حالت کلی شامل سه بخش خواندن اطلاعات، انجام محاسبات و بهنگام‌سازی و چاپ اطلاعات می‌باشد [۳].

۴-۱- معرفی سیستم ایجاد سناریو در نرم‌افزار EMME/2

در مدل حمل و نقل و ترافیک تهران سیستمی ویژه برای ایجاد سناریو در محیط EMME/2 و تولید جدول‌های گزارش آنها طراحی شده است. منظور از یک سناریو، وضعیت مشخصی از یک سیستم حمل و نقل کالا و مسافر در منطقه مورد مطالعه است که شامل یک شبکه خیابانی، یک شبکه حمل و نقل عمومی و یک تقاضای حمل و نقل مشخص است. اجزای سیستم عبارتند از:

۱- بانک‌های اطلاعاتی EMME/2

۲- تابلوهای اطلاعاتی EMME/2

۳- ماکروهای EMME/2

۴- فایل‌های متنی خروجی از EMME/2

۵- برنامه‌های FOXPRO

۶- جدول‌های گزارش

ورودی‌های سیستم فوق شامل بانک‌های اطلاعاتی شبکه خیابانی و شبکه عمومی در منطقه مورد مطالعه بوده و خروجی‌های سیستم شامل سناریوهای ایجاد شده در بانک EMME/2 و جدول‌های گزارش می باشد. برنامه‌های FOXPRO و ماکروهای EMME/2 ارتباط بین ورودی و خروجی سیستم را فراهم می سازند [۳].

یک سناریو طی سه مرحله در محیط نرم‌افزار ایجاد میشود. این سه مرحله به ترتیب عبارتند از:

۱- ایجاد شبکه

۲- برآورد تقاضا

۳- تخصیص ترافیک

در مدل حمل‌ونقل و ترافیک تهران، برای انجام هر یک از مراحل فوق یک ماکروی ویژه‌ای طراحی شده است. خروجی‌های اجرای هر سناریو در این نرم‌افزار شامل حجم ترافیک در شبکه معابر، متوسط سرعت وسایل نقلیه، تعداد مسافر سوار و پیاده شده سیستم حمل‌ونقل عمومی، وسیله‌نقلیه- کیلومتر، زمان تاخیر در مسیر و تقاطع، زمان سفر، سطح سرویس، مصرف سوخت و میزان نشر آلاینده‌های هوا در هر کمان شبکه خیابانی و ... می‌باشد که در ذیل با توجه به موضوع مقاله به ارائه نحوه محاسبه مصرف سوخت و میزان نشر آلاینده‌های هوا پرداخته شده است.

۵- تحلیل و ارزیابی سناریوهای مورد مطالعه

به منظور راحتی مقایسه شاخص‌های عملکردی در سناریوهای مختلف بعضی از شاخص‌های مهم حاصل از تحلیل تقاضای حمل‌ونقل در سال ۱۴۰۴ و بارگذاری تقاضای مزبور بر شبکه‌های فرضی در قالب سناریوهای مختلف با استفاده از نتایج تخصیص ترافیک توسط نرم‌افزار EMME/2 در جدول ۶ ارائه شده است. این شاخص‌ها عبارتند از:

- مسافت طی شده در شبکه (وسیله‌نقلیه- کیلومتر)

- کل زمان سفر (وسیله‌نقلیه- ساعت)

- نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر

- نسبت زمان سفر به مسافت طی شده (به ازای هر صد هزار وسیله‌نقلیه- کیلومتر)

- سطحی از شبکه معابر که وضعیت تردد در آن در حالت کند و بحرانی قرار گرفته است (درصد)

با بررسی سناریوهای مختلف مشخص ۳ گردید که با احداث پایانه‌های جدید هزینه سفر به

پایانه‌ها کاهش خواهد یافت، این هزینه شامل زمان سفر افراد، میزان مصرف سوخت و مقدار آلاینده‌های هوا می‌باشد.

جدول ۶: مقایسه شاخص‌های حمل و نقلی سناریوهای ایجاد پایانه‌های بین‌شهری.

شاخص	سناریو الف	سناریو ب	سناریو ج	درصد بهبود شاخصهای سناریوی ب نسبت به سناریوی الف	درصد بهبود شاخصهای سناریوی ج نسبت به سناریوی الف
مسافت طی شده (وسیله-کیلومتر)	7998651	7990053	7989254	۰/۱۱	۰/۱۲
کل زمان سفر (وسیله-ساعت)	310494	309242	309087	۰/۴	۰/۴۵
نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر	۵۳/۲	53	53	۰/۳۸	۰/۳۸
نسبت زمان سفر به مسافت طی شده (به ازای هر صد هزار وسیله‌نقلیه-کیلومتر)	۳۸۸۲	۳۸۷۰	۳۸۶۸	۰/۳۰	۰/۳۴
مصرف بنزین (لیتر)	1247912	1244469	1243847	۰/۲۸	۰/۳۳
مصرف گازوییل (لیتر)	196322	195971	195873	۰/۱۸	۰/۲۲
تولید CO (کیلوگرم)	427182	426238	426024	۰/۲۲	۰/۲۷
تولید HC (کیلوگرم)	50030	49934	49909	۰/۱۹	۰/۲۴
تولید NOx (کیلوگرم)	11671	11656	11650	۰/۱۳	۰/۱۸

۶- نتیجه‌گیری

مهم‌ترین دستاوردهای مطالعات برنامه‌ریزی حمل‌ونقل در کلان‌شهرهای جهان، ارزیابی سناریوهای مختلف در رابطه با ایجاد تسهیلات مختلف حمل‌ونقلی نظیر توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی و یا ایجاد تغییرات در شبکه معابر شهر و یا توسعه آنها در افق‌های زمانی مختلف می‌باشد. بدین مفهوم که با تکیه بر یک روش علمی مناسب، می‌توان بهترین سناریو را در ارتباط با تسهیلات مورد نیاز در سامانه حمل‌ونقل تهران مشخص نمود و براین اساس تا سال افق برنامه‌ریزی تسهیلات مذکور را برای شهر فراهم ساخت.

در این مقاله در راستای بررسی و تحلیل طرح پیشنهادی پایانه‌ها و تاثیر آن بر وضعیت ترافیک در شبکه معابر در سال ۱۴۰۴ با احتساب تغییرات احتمالی در آینده به ارایه سه سناریو پرداخته شد و تاثیر هر یک در بهبود شاخص‌های حمل‌ونقلی و زیست‌محیطی محاسبه گردید.

طرح پایانه‌ها در بهبود وضعیت ترافیک در شبکه معابر شهر تهران موثر می‌باشد. اما مقایسه

سناریو (ب) و (ج) نشان می‌دهد که احداث پایانه‌های نیمه متمرکز و غیر متمرکز تاثیر بیشتری در افزایش سرعت، کاهش زمان تاخیر، کاهش مصرف بنزین و تولید آلاینده‌ها دارد. از مزایای طرح احداث پایانه‌های نیمه متمرکز و غیر متمرکز می‌توان به افزایش قابل توجه منافع حاصل از کاهش زمان سفر، مسافت پیموده شده و همچنین کاهش مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌های هوا و زمان سفر در مقابل هزینه کم احداث پایانه‌های غیرمتمرکز اشاره نمود. کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌های هوا صرفنظر از کاهش هزینه‌های مدیریت شهری باعث کاهش استرس و فشارهای روانی و هزینه‌های بیمارستانی برای شهروندان نیز می‌گردد که جزیی از مزایای جانبی این انتخاب است.

۶- تقدیر و تشکر

در پایان از همکاری صمیمانه جناب آقای مهندس خشایی‌پور معاون محترم مطالعات و برنامه‌ریزی سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران و نیز مساعدت مدیریت محترم عامل شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران جناب آقای مهندس نوروزی، که زمینه مساعدی را جهت تهیه این مقاله و استفاده از امکانات آن شرکت فراهم نموده‌اند، کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

۷- منابع و مراجع

- ۱- دفتر فن آوری اطلاعات، سازمان حمل و نقل و پایانه‌های کشور، تهران، "سالنامه آماری حمل و نقل جاده‌ای"، ۱۳۹۰.
- ۲- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، "طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران (گزارش کلیات)"، مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران، پائیز ۱۳۹۱.
- ۳- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، "مطالعات اثرسنجی ترافیکی پایانه‌های مسافری برون شهری اصلی تهران"، گزارش ۳-۶۸۳، ۱۳۸۴.
- ۴- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، "بازنگری ناحیه‌های ترافیکی شهر تهران در سال ۱۳۸۸"، گزارش ۱۰۰۸، ۱۳۹۰.
- ۵- گریم‌اف، بونه‌ای کارتر، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای دانش پژوهان علوم زمین (مدل‌سازی به کمک GIS)، گروه اطلاعات زمین مرجع، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ۱۳۷۹.
- 6- Hongzhong Jia, "A Modeling Framework for Facility Location of Medical Services for Large-Scale Emergencies", Epstein Department of Industrial and Systems Engineering, University of Southern California, April 11, 2005.
- 7- Malczewski, J. (1999), GIS and Multi Criteria Decision Analysis, 1th edition John Wiley & Sons INC.
- 8- Paul J. Densham, "Spatial Decision Support Systems", National Center for Geographic Information and Analysis, November 1994.
- 9- William Scherer, "A Facility Location Model Trading-Off Maximal Covering and Flow Capturing Objectives in a Changing Network", Department of Systems and Information Engineering, August 26, 2005.
- ۱۰- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، "ساختار نهایی مدل حمل و نقل شهر تهران در محیط نرم‌افزار EMME/2"، مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران، گزارش شماره ۱۱۷، آبان ۱۳۷۵.
- ۱۱- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران، "بهنگام‌سازی پایگاه اطلاعاتی عرضه حمل و نقل شهر تهران"، ۱۳۹۰.

Simulation and evaluation of terminal design in EMME/2 software

As the largest city of Iran, Tehran is one of the cities where producing and attracting a significant number of daily inter-city passengers. Indeed, close to 17 percent of daily trips of Tehran are generating from outside of Tehran districts via roads, rail and air. Thus, inter-city transportation infrastructures (i.e. inter-city bus terminals) are extremely important. The optimal location of bus terminals will come up with travel growth, increased coordination and efficient operation of bus services to remote areas, which in overall will substantially improve performance of bus terminals.

This paper aims to present a model to locate inter-city bus terminals using P-Median method by locating a set of locations for construction of bus terminal to minimize the total cost of transportation system.

In this method, socio-economic and traffic variables are allocated to each land use, then each variable is converted to a data layer. Afterwards, to determine utility function, data layers of different parts of study area will be merged based on computed values. Finally, PMP algorithm has been deployed to minimize travel time of inter-city travelers between bus terminals.