



اولویت بندی خطوط اتصال کلانشهر تهران به شهرهای حومه‌ای به وسیله خطوط سریع السیر ریلی با استفاده از نرم افزار EMME/2

سعید دلیرپور¹، کارشناس ارشد راه و ترابری، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران¹
یعقوب آزاده دل²، کارشناس ارشد برنامه ریزی شهری، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران²
مونا مصلی نژاد³، کارشناس ارشد راه و ترابری، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران³
¹ s_dalir60@yahoo.com، 021-22259058
² yakoobazadehdell@yahoo.com، 021-22259058
³ mosalla@gmail.com، 021-22259058

چکیده

روزانه تعداد زیادی سفر با اهداف مختلف از شهرهای اطراف به تهران انجام می‌گردد که به مشکلات جاری شهر تهران می‌افزاید. افزایش قیمت زمین و مسکن و همچنین وجود مراکز عمده اداری، تجاری و صنعتی در شهر تهران باعث گردیده که شهرهای حاشیه‌ای نقش خوابگاه شهر تهران را ایفا کنند. با توجه به سیاست‌های کلان کشور در هدفمندسازی یارانه‌ها و بهینه‌سازی مصرف انرژی انتظار می‌رود گرایش به حمل و نقل عمومی در درصد زیادی از سفرها تاثیر بسزایی داشته باشد. لذا به منظور پاسخ به نیاز استفاده‌کنندگان و همچنین حرکت در راستای سیاستگذاری کشور در زمینه حمل و نقل و ترافیک مبنی بر افزایش مطلوبیت استفاده از وسایل نقلیه همگانی نیاز به مطالعاتی جامع در خصوص ساماندهی خدمات این نوع وسایل ضروری می‌گردد. امروزه در اکثر کشورهای پیشرفته بعد از ارتقاء و ایجاد سیستم‌های حمل و نقل عمومی راحت، ارزان و مطلوب راهکارهایی را در خصوص کاهش استفاده از وسایل نقلیه شخصی نیز در نظر می‌گیرند. در صورت کنترل تقاضای سفرهای اطراف به تهران و افزایش مطلوبیت استفاده از وسایل نقلیه عمومی می‌توان در بسیاری از موارد از معضلات ترافیکی شهر کاست. در این مطالعه پس از شناخت شرایط تهران و با توجه به تقاضای در حال رشد سفرهای اقماری به / از تهران، استفاده از سیستم‌های جدید حمل و نقلی اجتناب ناپذیر است. بدین منظور 4 کریدور خطوط اکسپرس از شهرهای اقماری به تهران مورد تأیید شرکت راه آهن شهری تهران و حومه (مترو) تحت بررسی قرار گرفت. این سناریوهای 4گانه برای یک ساعت اوج صبح سال 1395 در نرم افزار EMME/2 تحلیل گردید و شاخص‌های حمل و نقلی حاصل از این مدل‌سازی با یکدیگر مقایسه و اولویت‌هایی جهت احداث این کریدورها پیشنهاد شد.

کلید واژه: تاثیرسنجی ترافیکی، شهرهای اقماری، خطوط انبوه بر



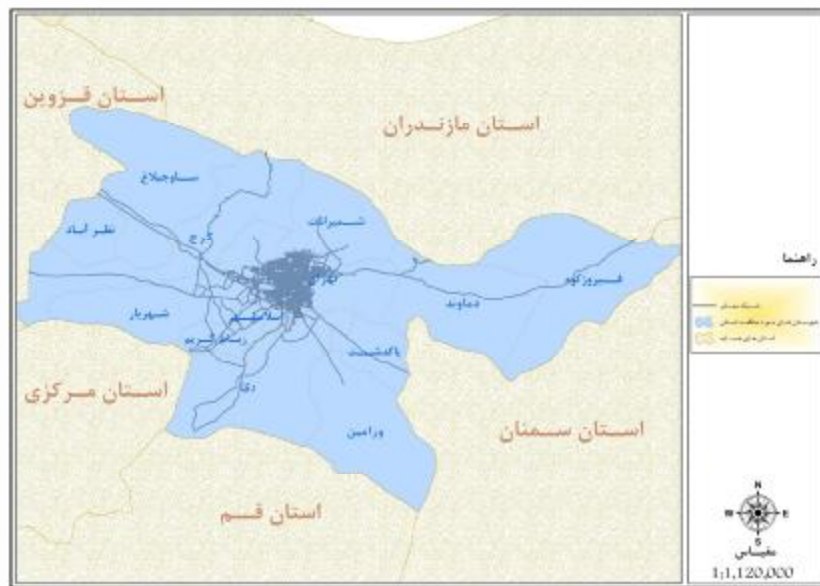
اثرسنجی ترافیکی، به مفهوم بررسی کلیه اثرات اعم از مثبت و منفی اجرای یک پروژه شهری در وضعیت حمل و نقل و ترافیک شهر می‌باشد. بدیهی است میزان تاخیر اجرای یک پروژه پس از به بهره‌برداری رسیدن مشخص می‌شود که این امر خود مستلزم هزینه کلان اجرای پروژه است. در صورتیکه نتایج اجرای یک پروژه منطبق با هدف مورد نظر نباشد، برگشت امکان‌پذیر نخواهد بود و ضرر و زیان گزافی را به منابع مالی و اقتصادی شهر تحمیل می‌کند کلان شهر تهران به عنوان یکی از پایتخت‌های بزرگ دنیا، دربرگیرنده مراکز عمده اداری، تجاری و صنعتی بسیاری است که باعث ایجاد سفرهای زیادی از شهرهای اطراف می‌گردد. از این‌رو شهر تهران با مشکلات فراوانی در عرصه حمل و نقل روبرو است که باعث تحمیل هزینه‌های اجتماعی فراوانی هم به گردانندگان سیستم (مسئولین) و هم استفاده‌کنندگان سیستم (شهروندان) شده است. برای غلبه بر معضلات ترافیکی، از دیرباز، سیاستها و روشهای مختلفی با توجه به شرایط و ویژگی‌های سامانه حمل و نقل ترافیک مورد بررسی قرار گرفته و با در نظر گیری پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های موجود، راهکارهای اجرایی متناسب، ارایه و پیشنهاد شده است. یکی از موثرترین اقدامات، گسترش حمل و نقل همگانی است. با توجه به درآمد نسبتاً پایین ساکنین شهرهای اطراف تهران و سرانه پایین مالکیت خودرو، اکثر سفرها به سمت تهران به وسیله حمل و نقل عمومی انجام می‌شود، که از طریق نوسازی و افزایش ناوگان، بهسازی خطوط و ترغیب کاربران به استفاده بیشتر از این وسایل علاوه بر اینکه می‌توان سهم حمل و نقل عمومی را افزایش داد، می‌توان به کاربران این خطوط نیز کمک شایانی نمود.

در سالیان اخیر بدلائل مختلف، شهرهای حاشیه‌ای تهران رشد زیادی داشته‌اند. پدیده مهاجرت به اطراف تهران به عنوان مهمترین مرکز کار و فعالیت کشور از دلایل این رشد بوده است. در چند سال اخیر، افزایش قیمت زمین و مسکن در شهر تهران عاملی برای مهاجرت بخشی از ساکنین تهران به شهرهای اطراف تهران و سکونت در آنها بوده است. این الگو (پدیده مهاجرت به اطراف کلانشهرها) در سراسر جهان وجود داشته و مورد بررسی متخصصین و کارشناسان و همچنین سیاستمداران و سیاست‌گذاران حوزه شهرسازی بوده است. بنابراین ضمن اینکه توسعه شهرهای حاشیه‌ای تهران به عنوان شهرهای اقماری تهران مورد پذیرش است، ارائه تسهیلات حمل و نقل ایمن، ارزان و کارآمد به ساکنین آنها برای آمد و شد به تهران جهت کار و فعالیت و تحصیل مورد تایید و تاکید می‌باشد.



2 - محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه و تفکیک نواحی در مطالعات نحوه ارائه خدمات حمل و نقل عمومی به شهرها و شهرکهای اقماری اطراف کلانشهر تهران (مراکز جمعیتی شهری و روستایی) مشتمل بر 34 مرکز از مراکز جمعیتی اطراف کلانشهر تهران و 9 شهرستان از شهرستانهای این استان است. این شهرستانها دارای 43 شهر و 1378 روستا می باشند که سهم بسیاری از تردد حمل و نقل بین شهری را در استان به خود اختصاص داده اند. 34 مرکز جمعیتی مورد بررسی در سراسر استان پراکنده می باشند که قسمت اعظمی از آنها در غرب استان و شهر تهران واقع شده اند (شکل 1). شهرهای مورد مطالعه عبارتند از: کرج، رجایی شهر، حصارک، باغستان، مهرشهر، فردیس، مارلیک، اندیشه، شهریار، شهر قدس، احمدآباد مستوفی، قائمیه، اووان، اسلامشهر، نسیم شهر، رباط کریم، پرند، قیامدشت، خاورشهر، قرچک، کهریزک، عبدالآباد، باقرشهر، رودهن، بومهن، پردیس و جاجرود [1].



شکل 1: محدوده مورد مطالعه

3 - مدل حمل و نقل و ترافیک شهر تهران

مدل سازی سیستم حمل و نقل شهری به دو بخش کلی مدل سازی عرضه سیستم و مدل سازی تقاضای سفر تقسیم می شود. مدل عرضه سیستم شامل اطلاعات مربوط به اجزا شبکه خیابانی، اجزا شبکه حمل و نقل عمومی و توابع عملکردی اجزا فوق بوده و مدل تقاضای حمل و نقل شامل اطلاعات مربوط به ویژگی های 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 [2].

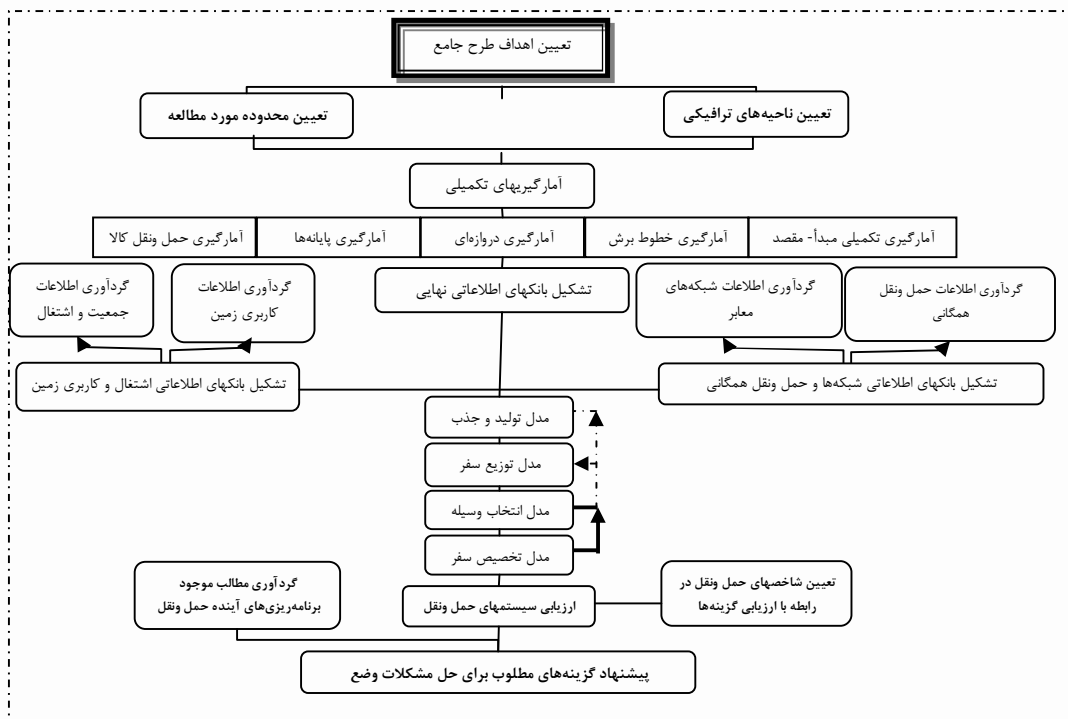
مدل حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران که از نوع مدل‌های چهار مرحله‌ای است شامل چهار زیر مدل است که برای پیش‌بینی سفرهای درون‌شهری به تفکیک ساعت روز، هدف سفر، زوج مبدا-مقصد، وسیله نقلیه و مسیر منتخب به کار می‌رود. زیر مدل‌های این روش علاوه بر مدل تخصیص ترافیک از مدل‌های ایجاد سفر، توزیع سفر و تفکیک سفر تشکیل شده‌اند. انواع مدل‌های برآورد تقاضای سفر مورد استفاده در مدل شهر تهران براساس مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل شهر تهران در جدول (1) ارائه شده است. همچنین در شکل (2) نمودار طرح کلی مدل چهار مرحله‌ای مورد استفاده در طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران آورده شده است.

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 نرم افزار وارد کرد. این فایل های متنی، تابلوهای اطلاعاتی نامیده می شوند. به برنامه های ویژه ای که در محیط کار EMME/2 قابل اجرا باشند ماکرو گفته می شود. یک ماکرو در حالت کلی شامل سه بخش خواندن اطلاعات، انجام محاسبات و بهنگام سازی و چاپ اطلاعات می باشد [2].

مهم ترین ویژگی و قابلیت نرم افزار EMME/2 انجام مدل تخصیص ترافیک تعادلی است که در ادامه به مبانی نظری و الگوریتم حل آن پرداخته می شود.



شکل 2: نمودار طرح کلی مدل چهار مرحله ای مورد استفاده در طرح جامع تهران.



جدول 1: انواع مدل‌های مورد استفاده در مدل شهر تهران.

نام مدل	نوع مدل	متغیرهای ورودی‌های مورد استفاده در مدل
تولید و جذب سفر	روندگرایی خطی	<ul style="list-style-type: none"> - جمعیت ساکن - جمعیت شاغل-تعداد دانش‌آموز و دانشجو در محل سکونت و تحصیل - تعداد کارمندان در محل شغل - سرانه مالکیت سواری شخصی - تعداد تخت بیمارستان - تعداد پارک
توزیع سفر	فراتر (Fratrar)	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 حمل‌ونقل عمومی بدون مترو - ماتریس زمان سفر با سیستم حمل‌ونقل 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 تقاضا سفر کلیه وسایل مجاز به استفاده از محدوده طرح ترافیک (همسنگ سواری) - ماتریس تقاضای سفر سواری‌های بدون آرم (همسنگ سواری) - ماتریس تقاضای سفر کامین‌های 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 حمل‌ونقل عمومی

4 - مدل تخصیص ترافیک تعادلی

مدل تخصیص ترافیک از اصل اول تعادل استفاده کننده وردراپ اقتباس شده است. برای بیان ریاضی معادل شرایط تعادل استفاده کننده، شبکه (N,A) را در نظر بگیرید که در آن N مجموعه



گره‌ها و A مجموعه کمان‌های جهت‌دار است. مسأله تعادل ترافیکی را با تقاضای ثابت به صورت چند مبدأ - مقصد می‌توان به صورت روابط (1) و (2) بیان نمود [3]:

(1)

$$h_p^{ij} [t_p^{ij} - u_{ij}] = 0 \quad \forall (i \in I, j \in J, p \in P)$$

(2)

$$t_p^{ij} - u_{ij} \geq 0 \quad \forall (i \in I, j \in J, p \in P)$$

که در آنها:

h_p^{ij} : تعداد سفر از مبدأ i به مقصد j توسط مسیر p

t_p^{ij} : زمان سفر در مسیر p بین زوج مبدأ - مقصد i و j

u_{ij} : متغییر دسترسی، کوتاه‌ترین زمان سفر از مبدأ i به مقصد j

در روابط (1) و (2) به بیان این مطلب پرداخته می‌شود که اگر جریان ترافیک در مسیر p که جفت مبدأ- مقصد i و j را بهم وصل می‌کند وجود داشته باشد، زمان سفر این مسیر بایستی برابر با زمان سفر کوتاه‌ترین مسیر باشد. همچنین مسیرهای با زمان سفر بیشتر از زمان سفر کوتاه‌ترین مسیر جریانی نخواهند داشت.

بکمن¹ و همکاران ثابت کردند که با در نظر گرفتن شرایطی می‌توان مسئله تخصیص ترافیک با تقاضای ثابت را بصورت مسئله بهینه سازی ارائه داد [4] که در رابطه (3) مشاهده می‌شود:

$$\text{Minimize } Z(f) = \sum_{a \in A} \int_0^{f_a} t_a(z) dz \quad (3)$$

subject_to

$$\sum_p h_{ijp} = T_{ij} \quad (4)$$

$$h_{ijp} \geq 0 \quad (5)$$

$$f_a = \sum_i \sum_j \sum_p d_{ap}^{ij} h_p^{ij} \quad (6)$$

که در آنها:

t_a : زمان سفر در کمان a

¹- Beckmann





روش محاسبه جریان در کمان برحسب جریان در مسیر را توسط رابطه (6) تعیین می‌گردد
($d_{a,p}^{ij}$): برابر 1 است در صورتی که کمان a در مسیر P واقع شده باشد و در غیر اینصورت برابر
صفر است).

در روابط (4) و (5) به ترتیب به بیان این مطلب پرداخته می‌شود که مجموع جریان مسیر
های بین جفت مبدأ- مقصد i و j بایستی معادل جریان بین i و j است و جریان مسیرها بایستی
نامنفی باشد.

5 - الگوریتم حل مسئله تخصیص ترافیک تعادلی

الگوریتم‌هایی که در عمل برای حل مدل‌های تعادل شبکه مورد استفاده قرار گرفته‌اند الگوریتم
فرانک- ولف، ایوانس و برخی الگوریتم‌های اصلاح شده می‌باشند. الگوریتم ایوانس تعمیم روش
فرانک- ولف است بطوریکه فقط قسمت‌های انتخاب شده در تابع هدف خطی سازی شده‌اند [5].
فرآیند محاسباتی کامل اعمال الگوریتم مورد استفاده برای مسئله تخصیص ترافیک در نرم‌افزار
EMME/2 بصورت ذیل می‌باشد [6]:

➤ **گام صفر:** شروع محاسبات. انتخاب جواب ممکن اولیه $\{f_a^0 = 0\}$ و اسکالر $\varepsilon > 0$ ، که برای
تعیین دقت پایان‌دهی الگوریتم مورد استفاده است. n را معادل صفر قرار دهید.

➤ **گام یک:** بروز کردن زمان سفر: زمان‌های سفر حال حاضر را برای هر کمان محاسبه کنید
 $t_a^n = t_a(f_a^{n-1})$ و $n := n+1$.

➤ **گام دوم:** یافتن جهت نزولی: فرآیندهای محاسباتی ذیل بایستی انجام شود

- مسیر زمان سفر حداقل از هر مبدأ به تمامی مقاصد براساس زمان‌های سفر کمان حال
حاضر t_a^n تعیین گردد. u_{ij}^n را نمایانگر زمان سفر حداقل مبدأ- مقصد j، تعیین کنید.
- $\{T_{ij}\}$ را به کوتاه‌ترین مسیر بین زوج مبدأ - مقصد i و j تخصیص دهید که موجب
الگوی جریان کمان کمکی $\{y_a^n\}$ می‌شود.

➤ **گام سوم:** کنترل معیار همگرایی: پارامتر Relative Gap را مطابق رابطه (7) محاسبه
کنید. اگر پارامتر محاسبه شده از ε کمتر است الگوریتم پایان یافته است در غیر اینصورت
ادامه دهید.

(7)

$$Gap^{n-1} = \sum_{a \in A} t_a(f_a^{n-1})(y_a^n - f_a^{n-1}) + \frac{1}{q} \sum_i \sum_j V_{ij}^n (\ln V_{ij}^n - 1) - \frac{1}{q} \sum_i \sum_j T_{ij}^{n-1} (\ln T_{ij}^{n-1} - 1)$$

$$LB^{n-1} = Z(T^{n-1}, f^{n-1}) + Gap^{n-1}$$

$$BLB = \max_{n-1}(LB^{n-1})$$

$$Relative \ Gap^{n-1} = \frac{Gap^{n-1}}{BLB}$$

۵ گام چهارم: تعیین اندازه گام بهینه a^n میان جهت نزولی $\{y_a^n - f_a^{n-1}\}$: اندازه گام بهینه را می توان توسط تمامی روشهای تقلیل فاصله محاسبه کرد [6]. بعبارت دیگر برای یافتن اندازه گام بهینه بایستی مسئله تک متغیره ذیل را حل نمود:

$$Min \ Z(a^n) = \sum_{a \in A} \int_0^{f_a + a(y_a^n - f_a^{n-1})} t_a(z) dz \quad (8)$$

$$s.t. 0 \leq a^n \leq 1$$

۶ گام پنجم: جریان شبکه را بروز کنید. جریانهای سفر را براساس رابطه (9) اصلاح کنید.

$$f_a^n = f_a^{n-1} + a_n (y_a^n - f_a^{n-1}) \quad (9)$$

۷ گام ششم: مجدداً معیار همگرایی را با داشتن مقدار جدید تابع هدف چک کنید. اگر این معیار برآورده شده بود الگوریتم متوقف می شود در غیر اینصورت به گام یک برگردید.

6 - معرفی سیستم ایجاد گزینه در نرم افزار EMME/2

در مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران سیستمی ویژه برای ایجاد گزینه در محیط نرم افزار EMME/2 و تولید جدول های گزارش آنها طراحی شده است. منظور از یک گزینه، وضعیت مشخصی از یک سیستم حمل و نقل کالا و مسافر در محدوده مورد مطالعه است که شامل یک شبکه خیابانی، یک شبکه حمل و نقل عمومی و یک تقاضای حمل و نقل مشخص است [7]. اجزای سیستم عبارتند از:

1- بانک های اطلاعاتی EMME/2

2- تابلوهای اطلاعاتی EMME/2

3- ماکروهای EMME/2

4- فایل های متنی خروجی از EMME/2

5- برنامه های FOXPRO

6- جدول های گزارش



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

یک گزینه طی سه مرحله در محیط نرم‌افزار ایجاد می‌شود [8]. این سه مرحله به ترتیب عبارتند از:

1- ایجاد شبکه

2- برآورد تقاضا

3- تخصیص ترافیک

در مطالعات طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، برای انجام هر یک از مراحل فوق یک ماکروی ویژه‌ای طراحی شده است. خروجی‌های اجرای هر گزینه در این نرم‌افزار شامل حجم ترافیک در شبکه معابر، متوسط سرعت وسایل نقلیه، تعداد مسافر سوار و پیاده شده سیستم حمل‌ونقل عمومی، وسیله نقلیه - 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.

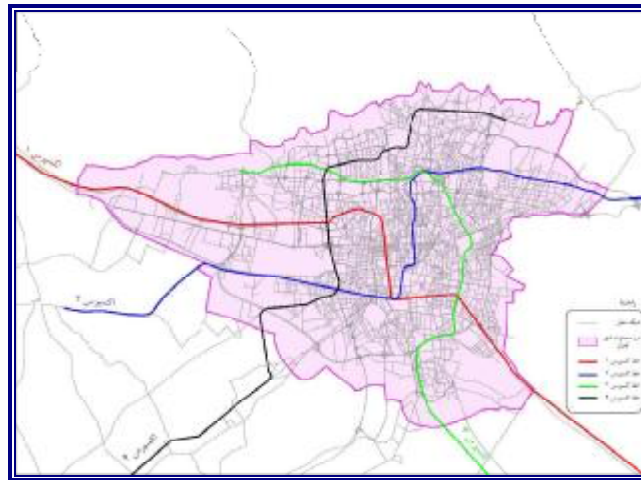
7 - معرفی و مقایسه گزینه‌های سیستم حمل‌ونقل ریلی

براساس توسعه چند مرکزی تهران بزرگ در قالب شهرهای اقماری حوزه کرج- شهریار، اسلامشهر، ورامین، پاکدشت و دماوند مشهود است و این شهرهای اقماری توسط 6 کریدور به هسته مرکزی تهران متصل می‌گردد. براساس مطالعه مهندسی مشاور سیستم‌ها برای شرکت مترو توسعه خطوط سریع‌السیر ریلی برای اتصال سریع شهر و ارتباط مناسب با شهرهای اقماری به عنوان استخوانبندی شبکه ریلی لازم می‌باشد. این شرکت با استفاده از آنالیز چند معیاره ساده 4 خط سریع‌السیر برای شهر تهران پیشنهاد داد که مبنای مدلسازی این مطالعه می‌باشد [11].

خط 1 سریع‌السیر ریلی در واقع تکمیل شده خط 5 کنونی است که از کمال‌شهر شروع می‌شود و بعد از گذشتن از کرج و ورود به شهر تهران از مناطق 21، 22 و از مناطق میانی عبور می‌کند و از منطقه 15 خارج می‌شود و تا پاکدشت امتداد می‌یابد. خط 2 سریع‌السیر ریلی رودهن- شهریار از رودهن در شمال شرقی تهران شروع و از منطقه 4 وارد تهران می‌شود و پس از عبور از قسمت‌های میانی شهر بصورت شمالی- جنوبی و از نواحی جنوب غربی شهر بصورت شرقی- غربی از مناطق 18 و 21 از تهران خارج می‌شود و تا شهریار امتداد می‌یابد. خط 3 سریع‌السیر ریلی پیشنهادی، دهکده المپیک در شمال غرب تهران را به قرچک در جنوب شرق تهران متصل می‌کند. این خط



درون شهر تهران از قسمتهای شرقی تر شهر می گذرد و بعد از عبور در امتداد بزرگراه همت به دهکده المپیک می رسد. خط 4 سریع السیر پیشنهادی با طی مسیری بصورت قطری از مبدأ شهرهای پرند، رباط کریم، اسلامشهر و فرودگاه امام خمینی شروع و از جنوب غربی تهران وارد شهر می شود و پس از طی مسیر در نواحی غربی و شمالی تهران به ازگل می رسد.



شکل 3: خطوط سریع السیر پیشنهادی.

8 - بررسی و مقایسه گزینه ها

به منظور راحتی مقایسه شاخص های عملکردی در گزینه های مختلف بعضی از شاخص های مهم حاصل از تحلیل تقاضای حمل و نقل در سال 1389 و بارگذاری تقاضای مزبور بر شبکه های فرضی در قالب گزینه های مختلف با استفاده از نتایج تخصیص ترافیک توسط نرم افزار EMME/2 در جدول (2) ارائه شده است.



جدول 2: شاخص‌های حمل‌ونقلی حاصل از مدلسازی سناریوهای 4گانه در یک ساعت اوج صبح سال 1395.

ردیف	شاخص عملکردی	گزینه 1	گزینه 2	گزینه 3	گزینه 4
1	وسیله نقلیه - کیلومتر همسنگ سواری	7259836	7201075	7243332	7168864
2	متوسط سرعت حرکت (کیلومتر بر ساعت)	24/9	25/1	25	25/3
3	کل زمان تأخیر (وسیله - ساعت)	165632	161847	164062	158221
4	کل زمان سفر (وسیله - ساعت)	292134	287389	290211	283148
5	نسبت کل زمان تأخیر به کل زمان سفر (درصد)	56/7	56/3	56/5	55/9
6	درصد شبکه کند و بحرانی ($t/t_0 > 2$)	33/2	32/8	33	32/2
7	نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر در بزرگراهها	52/3	52	52/2	51/3
8	درصد کند و بحرانی در بزرگراهها ($t/t_0 > 2$)	32/1	31/5	32	30/7
9	متوسط سرعت وسایل حمل‌ونقل همگانی (کیلومتر بر ساعت)	18	19	19	19
10	تعداد کل مسافر جابجا شده توسط حمل‌ونقل همگانی (نفر)	1066085	1085436	1092044	1122848
11	کل مسافر - کیلومتر طی شده توسط حمل‌ونقل همگانی	6314982	6394576	6161034	6236044
12	کل مسافر - کیلومتر طی شده	16926999	16976340	17083679	16795611
13	کل مسافر - ساعت حمل‌ونقل همگانی	246320	249128	245843	247726
14	متوسط سرعت جابجایی مسافریین حمل‌ونقل همگانی	26	26	25	25
15	متوسط زمان سفر (دقیقه)	26/4	25/9	26/2	25/6
16	متوسط سوخت وسیله در 1 کیلومتر (لیتر)	18/2	18/1	18/2	18
17	تولید آلاینده‌ها NO_x , HC, CO (تن)	433	429	432	426



این شاخصها شامل وسیله نقلیه - کیلومتر همسنگ سواری، متوسط سرعت حرکت، کل زمان تأخیر، نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر، درصد شبکه کند و بحرانی، تعداد مسافر جابجا شده توسط حمل و نقل همگانی، متوسط زمان سفر، میزان مصرف بنزین، تولید آلاینده‌ها و ... می‌باشند.

همانطور که جدول (2) نشان می‌دهد پیمایش وسایل نقلیه در گزینه 4 با 7168864 کیلومتر کمترین است و گزینه‌های 2، 3 و 1 به ترتیب بعد از آن (بصورت صعودی) قرار دارند. متوسط سرعت حرکت گزینه 4 بیشتر و گزینه‌های 2 و 3 و 1 پس از آن قرار دارند. کل زمان تأخیر گزینه 4 با 158221 وسیله - ساعت دارای کمترین میزان است و گزینه‌های 2، 3 و 1 به ترتیب بعد از آن قرار دارند. کل زمان سفر نیز چنین وضعیتی را داراست. همچنین نسبت کل زمان تأخیر به کل زمان سفر در گزینه 4 با حدود 56 درصد مطلوبترین و گزینه‌های 2، 3 و 1 به ترتیب پس از آن قرار دارند.

درصدی از شبکه که در شرایط کند و بحرانی تردد قرار دارد ($t/t_0 > 2$) در گزینه 4 کمترین و مطلوبترین نسبت به سایر گزینه‌ها است. نسبت زمان تأخیر و کل زمان سفر در بزرگراه‌ها نیز دارای وضعیت مشابهی است. متوسط سرعت وسایل حمل و نقل همگانی در 4 گزینه تقریباً با هم برابر می‌باشد و در فرآیند ارزیابی تأثیرگذار نیست.

کل مسافر جابجا شده توسط حمل و نقل عمومی (مسافر - کیلومتر) در گزینه 4 با 1122848 مسافر - کیلومتر بیشترین است. از این نظر، گزینه‌های 3، 2 و 1 در مراتب بعدی قرار دارند. میزان کل مسافر - ساعت طی شده توسط حمل و نقل همگانی در گزینه 2 بیشترین است گزینه‌های 1، 4 و 3 پس از آن قرار دارند.

میزان مصرف سوخت در 1 کیلومتر در گزینه 4 با 18 لیتر کمترین و در گزینه 1 و 3 با 18/2 لیتر بیشترین است. بنابراین 4 گزینه پیشنهادی از جهت میزان مصرف سوخت در هر کیلومتر تفاوت چندانی ندارند، البته چنانچه کل پیمایش در شبکه در هر گزینه مدنظر قرار گیرد، میزان کل مصرف سوخت در شبکه در گزینه‌های پیشنهادی تفاوت پیدا خواهد کرد. بطوریکه گزینه 4 کمترین مصرف سوخت را خواهد داشت. از نظر میزان تولید آلاینده‌ها گزینه 1 با 433 تن بیشترین و گزینه 4 با 426 تن کمترین موارد آلاینده را تولید می‌کنند.

همانطور که در بالا اشاره شد، گزینه 4 در اکثر شاخص‌ها رتبه مطلوبتر را به خود اختصاص داده است و از این جهات می‌تواند در اولویت احداث قرار گیرد. این گزینه عبارت است از خط سریع‌السیر ریلی از مبدأ فرودگاه امام خمینی است که ضمن عبور از نواحی غربی تهران به شمال شرق تهران منتهی می‌گردد. گزینه 4 به مراکز جمعیتی پرند، رباط کریم و اسلامشهر نیز خدمات‌رسانی می‌کند. این 3 شهر علاوه بر فرودگاه امام خمینی، ارتباطات روزمره زیادی با تهران دارند و همه روزه سفرهای زیادی به تهران انجام می‌دهند. این مطالعات احداث سناریو 4 را در

اولویت اول توصیه می‌کند. با احداث این خط ریلی، دسترسی ساکنین تهران به 3 شهر ذکر شده و فرودگاه امام خمینی و بالعکس تسهیل می‌گردد. هرچند که ارتباط کرج- پاکدشت (گزینه 1) نیز اهمیت زیادی دارد، اما باید توجه داشت که بخش اعظم و مهمتر این خط حدفاصل کرج تا تهران ساخته شده است. به عبارت دیگر احداث مابقی خط پیشنهادی حدفاصل صادقیه تا پاکدشت از اولویت پایین‌تری برخوردار است.

7 - نتیجه‌گیری

مهم‌ترین دستاوردهای مطالعات برنامه‌ریزی حمل‌ونقل در کلان شهرهای جهان، ارزیابی گزینه‌های 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 گزینه 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.

با توضیحاتی که در بالا عنوان شد و همچنین با توجه به مقایسه شاخص‌های حمل‌ونقلی حاصل از شبیه‌سازی گزینه‌های 4 گانه، به ترتیب گزینه‌های 4، 2، 3 و 1 برای اجرا پیشنهاد می‌شوند. مبدأ و مقصد این گزینه‌ها بصورت ذیل می‌باشند:

- اولویت 1 اجرا: فرودگاه امام خمینی - ازگل (گزینه 4)
- اولویت 2 اجرا: رودهن - شهریار (گزینه 2)
- اولویت 3 اجرا: قرچک - دهکده المپیک (گزینه 3)
- اولویت 4 اجرا: کرج - پاکدشت (گزینه 1)

8 - مراجع

- 1- نحوه ارایه خدمات حمل و نقل عمومی به شهرهای اقماری تهران، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، گزارش شماره 545، بهار 1390.
- 2- طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران (گزارش شبکه معابر)، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، گزارش شماره 935، زمستان 1386.
- 3- ساختار نهایی مدل حمل و نقل شهر تهران در محیط نرم افزار EMME/2 شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران، گزارش شماره 117، آبان 1375.
- 4- Sheffi., J., (1985), "Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods", Prentice Hall.
- 5- Scott Ramming, M., (2002), "Network Knowledge and Route Choice", Doctoral Dissertation, Massachusetts Institute of Technology.
- 6- Chu., You-Lian., (1999), " Network Equilibrium Model of Employment Location and Travel Choices ", Transportation Research Record, 1667, pp. 127-132.
- 7- Patriksson, M., (1994), "The Traffic Assignment Problem-Models and Methods", Linkoping Institute of Technology, Linkoping, Sweden.
- 8- EMME/2 user's manual, 1994, Published by INRO Consultant.
- 9- سیستم ایجاد سناریو در محیط EMME/2 تولید جداول گزارش، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، گزارش شماره 412، مرداد ماه 1381.
- 10- American Association of state Highway and Transportation officials. A Policy on Geometric Design of Highway and Streets Washington D.C 2001.
- 11- گزارش خلاصه مطالعه توسعه بلند مدت حمل و نقل عمومی ریلی تهران، شرکت راه آهن شهری تهران و حومه (مترو)، تابستان 1388.





Prioritize of Express Rail Lines of Tehran Metropolitan and Suburban Areas According to EMME/2 Software

S.Dalirpour, MSc, Highway & Transportation, TCTTS
Y.Azadehdel, MSc. Urban Planning & GIS Expert, TCTTS
M.MosallaNejad, MSc, Highway & Transportation, TCTTS

Abstract:

The daily traffic problems inside the city, many passengers come into Tehran from other nearby cities with various purposes. This issue intensifies transportation problems. High price of house and land as well as existing of administrative, industrial and trade centers in Tehran made the surrounding cities as a dormitory for Tehran. Considering the goals of the country for subsidies rationing and optimization of the energy consumption, it is expected to have noticeable increase in the people's willing to use public transportation. So, to meet the needs of the passengers and for implementation of the country's policies adopted for traffic and transportation aim at improving the quality level of public transportation facilities, it is necessary to conduct comprehensive studies on organizing the services of the transportation facilities. At the present time, in the modern countries simultaneously with establishment of cheap, appropriate and convenient transportation system, some guidelines are given to decrease personal car usage. In case we can control suburban trips demands to Tehran and improve the level of public transportation facilities, we can reduce traffic problems in Tehran. In this research, Tehran's transportation conditions are studied and it is explained that development of new transportation systems is inevitable due to increasing demands for taking trips from/to surrounding cities to/from Tehran. For this purpose, studying of four corridors for express lines between Tehran and its surrounding cities is accepted by Tehran and Suburban Urban Subway Company. These 4 scenarios are analyzed for a morning peak rush hour in 1395 by EMME/2 software. The resulting transportation indicators were compared with each other, and some priorities suggested for establishing the mentioned corridors.

Key Words: *Traffic Effectuality, Suburban City, Mass Transportation Lines.*

