

تحلیل و ارزیابی طرح پیشنهادی تونل ملت (نیایش - صدر) در محیط نرم‌افزاری

EMME/2

حمید سیادت موسوی¹، عبدالرضا ابراهیمی²

1- کارشناس عمران

2- کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

یکی از اهداف طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران ارزیابی اثرات اجرای طرح‌ها در محیط مجازی می‌باشد، در این مقاله پس از ارائه اجمالی مدل حمل و نقل و ترافیک شهر تهران و نحوه ایجاد گزینه‌های مختلف حمل و نقلی به بررسی و مقایسه طرح احداث تونل ملت (اتصال بزرگراه نیایش به بزرگراه صدر) و طرح خط 7 مترو پرداخته و تاثیر هر یک بر شاخص‌های ترافیکی و زیست‌محیطی ارائه می‌گردد.

شاخص‌های عملکردی عمده مورد استفاده در مقایسه بین دو گزینه شامل متوسط سرعت همسنگ‌سواری در شبکه، زمان تأخیر، نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر، سطحی از شبکه معابر که وضعیت تردد در آن در حالت کند و بحرانی قرار گرفته است، نسبت زمان تأخیر به مسافت طی شده، میزان مصرف سوخت، میزان انتشار آلاینده‌ها می‌باشد.

کلید واژه: نرم‌افزار EMME/2، تخصیص ترافیک، سناریوسازی و کلان‌شهر تهران.

1- مدیر عامل - شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران

hmousavi@yahoo.com

2- مدیر پروژه - شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران

rezaebrahimi57@yahoo.com

1- مقدمه

امروزه با تغییرات اساسی در ساختار جوامع و رشد قابل ملاحظه جمعیت شهرنشین و ایجاد پدیده‌ای به نام کلان‌شهر، چگونگی عبور و مرور در سطح شهر و تبادل خدمات و کالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده و بر پیچیدگی‌های رفتار حمل‌ونقلی مردم در شهرهای بزرگ به شدت افزوده شده است. در کلان‌شهرهای جهان به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه نظیر شهر تهران این پیچیدگی رفتاری و عدم برنامه‌ریزی صحیح سبب ایجاد مشکلات عدیده‌ای در زمینه حمل‌ونقل شده است.

برای رفع این مشکل در دوره‌های زمانی مختلف، راهکارها و طرح‌هایی شامل ساخت و توسعه شبکه بزرگراهی و معابر یا بهبود آنها، توسعه و تقویت سیستم حمل‌ونقل عمومی، بکارگیری روش‌های مدیریتی در کنترل و هدایت ترافیک و ... پیشنهاد شده که هر یک با توجه به ماهیت آن، سهمی در عملکرد سیستم حمل‌ونقل داشته است.

اثرسنجی ترافیکی، به مفهوم بررسی کلیه اثرات اعم از مثبت و منفی اجرای یک پروژه شهری در وضعیت حمل‌ونقل و ترافیک می‌باشد. بدیهی است میزان تاثیر اجرای یک پروژه پس از به بهره‌برداری رسیدن مشخص می‌شود، که این امر مستلزم هزینه کلان اجرای پروژه است. در صورتی که 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 می‌نماید.

در این راستا مطالعات اثرسنجی ترافیکی طرح تقاطع تونل ملت (نیایش - صدر) برای ارزیابی تأثیر احداث این طرح در مقایسه با گزینه عدم انجام کار بر روی شبکه فرادست حمل‌ونقل تهران مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در حال حاضر طرح‌هایی به منظور تکمیل شبکه بزرگراهی موجود در قالب یک شبکه منظم و کارآمد متناسب با محدودیت‌های موجود، به‌عنوان طرح‌های فرادست ارائه شده است. یکی از طرح‌های موجود که به منظور روان‌سازی جریان ترافیک و ایجاد ارتباط بزرگراه نیایش با بزرگراه صدر ارائه شده است، طرح تونل ملت (نیایش - صدر) می‌باشد.

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 تونل ملت (نیایش - صدر) در محیط نرم‌افزاری EMME/2 می‌باشد.

در این مقاله ابتدا در بخش عرضه حمل‌ونقل به تعریف شبکه معابر و سیستم حمل‌ونقل عمومی پرداخته می‌شود. سپس در بخش ارزیابی گزینه‌ها، شاخص‌های عملکردی ناشی از اجرای مدل شهر تهران برای گزینه‌های مختلف و حجم ترافیک همسنگ‌سواری در معابر محدوده مورد مطالعه 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 حمل‌ونقل شهری تهران به بررسی و ارزیابی این دو گزینه مطرح پرداخته و تاثیر هر یک از این دو گزینه را در بهبود وضعیت ترافیک در شبکه معابر شهر تهران را از دیدگاه شاخص‌های عملکردی حمل‌ونقل و ترافیک ارائه می‌نماید.

2- مدل حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران

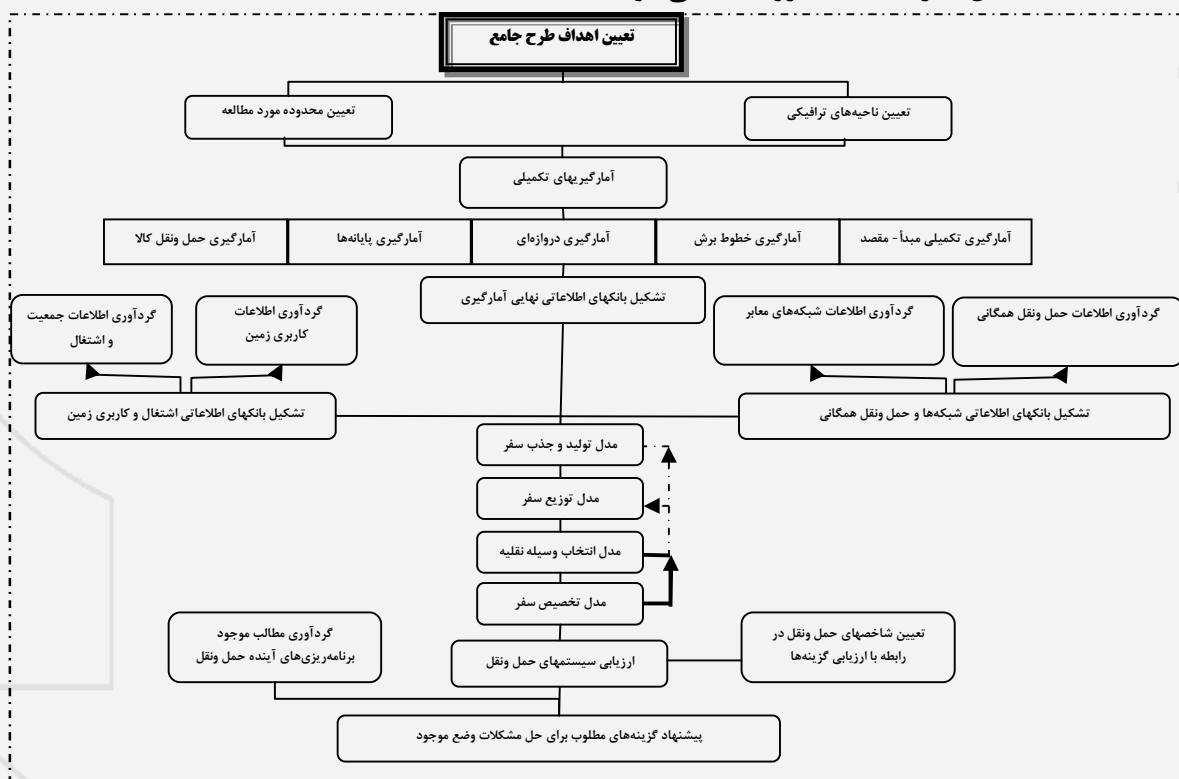
مدل‌سازی سیستم حمل‌ونقل شهری به دو بخش کلی مدل‌سازی عرضه سیستم و مدل‌سازی تقاضای سفر تقسیم می‌شود. مدل عرضه سیستم شامل اطلاعات مربوط به اجزا شبکه خیابانی، اجزا شبکه حمل‌ونقل عمومی و توابع عملکردی اجزا فوق بوده و مدل تقاضای حمل‌ونقل شامل اطلاعات مربوط به ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی و توابع تقاضای سفر 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 [3].

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 مبدأ- 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 (1) ارائه شده است. همچنین در شکل (1) نمودار طرح کلی مدل چهار مرحله‌ای مورد

استفاده در طرح جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران آورده شده است [1].
مدل حمل و نقل و ترافیک شهر تهران در نرم افزار EMME/2 پیاده شده است. این نرم افزار در سه دهه اخیر در برنامه ریزی حمل و نقل کاربرد روزافزونی یافته است. EMME/2 ابزار مناسبی را برای مدل سازی عرضه سیستم و تخصیص ترافیک در اختیار برنامه ریزی حمل و نقل قرار داده و امکان دستیابی به اطلاعات شبکه، تقاضا و نتایج تخصیص ترافیک را به صورت انواع گزارش و تصویر فراهم می سازد. بانک اطلاعاتی در نرم افزار محلی برای نگهداری اطلاعات مربوط به اجزا شبکه خیابانی، اجزا شبکه حمل و نقل عمومی، ویژگی های 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، ماتریس ها، و توابع را می توان به کمک تعدادی از برنامه های EMME/2 از فایل های 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.



شکل 1. نمودار طرح کلی مدل چهار مرحله ای مورد استفاده در طرح جامع تهران.

جدول 1. انواع مدل های مورد استفاده در مدل شهر تهران.

نام مدل	نوع مدل	متغیرهای ورودی های 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 (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 آشیانه ای شکل S و توابع	<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، مینی بوس، 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 چندوسیله ایی و ترانزیت (Auto) (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 سواری های بدون آرم (همسنگ سواری) - ماتریس تقاضای سفر کامین های سنگین غیرمجاز به عبور از داخل شهر (همسنگ سواری) - زمان سوار شدن - ضریب زمان انتظار - وزن زمان انتظار - وزن زمان پیاده روی - وزن زمان سوار شدن - توابع زمان سفر حجم بر روی کمان های شبکه خیابانی (کمان های منتهی به تقاطع های چراغ دار و بدون چراغ) - توابع زمان سفر وسایل حمل و نقل عمومی

یک ماکرو در حالت کلی شامل سه بخش خواندن اطلاعات، انجام محاسبات و بهنگام سازی و چاپ اطلاعات می باشد [3].

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.

3- 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 شود [4]:

$$h_p^{ij} [t_p^{ij} - u_{ij}] = 0 \quad \forall (i \in I, j \in J, p \in P) \quad (1)$$

$$t_p^{ij} - u_{ij} \geq 0 \quad \forall (i \in I, j \in J, p \in P) \quad (2)$$

که در آنها:

h_p^{ij} : تعداد سفر از مبدا 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 مبدا 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 بهینه‌سازی ارائه داد [2] که در رابطه (3) مشاهده می‌شود:

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

subject to
(4)

$$\sum_p h_{ijp} = T_{ij} \quad (5)$$

$$h_{ijp} \geq 0 \quad (6)$$

$$f_a = \sum_i \sum_j \sum_p \delta_{ap}^{ij} h_p^{ij}$$

که در آنها:

t_a : زمان سفر در کمان a

روش محاسبه جریان در کمان برحسب جریان در مسیر را توسط رابطه (6) تعیین می‌گردد
(δ_{ap}^{ij}): برابر 1 است در صورتی که کمان a در مسیر P واقع شده باشد و در غیر این صورت برابر صفر
است).

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

4- 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 به طوری که فقط قسمت‌های انتخاب شده در تابع هدف خطی‌سازی 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 $\epsilon > 0$ ، که برای تعیین
دقت پایان‌دهی الگوریتم مورد استفاده است. n را معادل صفر قرار دهید.

گام یک: بروزکردن زمان سفر: زمان‌های سفر حال حاضر را برای هر کمان محاسبه کنید
$$t_a^n = t_a^{n-1} + \epsilon \cdot n$$

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، i تعیین کنید.

- $\{T_{ij}^n\}$ 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 این صورت ادامه دهید.

$$\begin{aligned} \text{Gap}^{n-1} &= \sum_{a \in A} t_a(f_a^{n-1}) \cdot (y_a^n - f_a^{n-1}) + \frac{1}{\theta} \sum_i \sum_j V_{ij}^n (\text{Ln} V_{ij}^n - 1) - \frac{1}{\theta} \sum_i \sum_j T_{ij}^{n-1} (\text{Ln} T_{ij}^{n-1} - 1) \\ \text{LB}^{n-1} &= Z(T^{n-1}, f^{n-1}) + \text{Gap}^{n-1} \\ \text{BLB} &= \max_{n-1} (\text{LB}^{n-1}) \\ \text{Relative Gap}^{n-1} &= \frac{\text{Gap}^{n-1}}{\text{BLB}} \end{aligned} \quad (7)$$

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

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

$$\text{st. } 0 \leq \alpha^n \leq 1$$

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

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

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

5- معرفی سیستم ایجاد گزینه در نرم‌افزار EMME/2

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

- 1- بانک‌های اطلاعاتی EMME/2
- 2- تابلوهای اطلاعاتی EMME/2
- 3- ماکروهای EMME/2
- 4- فایل‌های متنی خروجی از EMME/2
- 5- برنامه‌های FOXPRO
- 6- جدول‌های 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 [3].

یک گزینه طی سه مرحله در محیط نرم افزار ایجاد میشود. این سه مرحله به ترتیب عبارتند از:

- 1- ایجاد شبکه
- 2- برآورد تقاضا
- 3- تخصیص ترافیک

در مطالعات طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، برای انجام هر یک از مراحل فوق یک ماکروی ویژه ای طراحی شده است. خروجی های اجرای هر گزینه در این نرم افزار شامل حجم ترافیک در شبکه معابر، متوسط سرعت وسایل نقلیه، تعداد مسافر سوار و پیاده شده سیستم حمل و نقل عمومی، وسیله نقلیه - کیلومتر، زمان تاخیر در مسیر و تقاطع، زمان سفر، سطح سرویس، مصرف سوخت و میزان نشر آلاینده های هوا در هر کمان شبکه خیابانی و ... می باشد که در ذیل با توجه به موضوع مقاله به ارائه نحوه محاسبه مصرف سوخت و میزان نشر آلاینده های هوا پرداخته شده است.

6- نحوه تعیین میزان مصرف سوخت در هر گزینه

مصرف سوخت تابعی از نوع وسیله نقلیه و سرعت وسیله نقلیه می باشد. تابع مورد استفاده در مدل برای برآورد میزان مصرف سوخت وسایل نقلیه در شبکه مورد مطالعه بصورت رابطه (10) می باشد [3]:

$$q^m(v) = \frac{16.57 p^m e^{0.0915 v}}{v} \quad (10)$$

که در آن :

$q^m(v)$: میزان مصرف سوخت وسیله نقلیه نوع m در سرعت v بر حسب لیتر بر کیلومتر

p^m : میزان مصرف سوخت وسیله نقلیه نوع m در سرعت 80 کیلومتر در ساعت بر حسب لیتر بر کیلومتر

v : سرعت وسیله نقلیه بر حسب کیلومتر بر ساعت

مقدار پارامتر p^m برای موتور 5، سواری شخصی 15، تاکسی و وانت 18، مینی بوس 25، و اتوبوس و کامیون برابر 40 فرض شده است.

جهت محاسبه مصرف سوخت هر نوع وسیله نقلیه در شبکه، ابتدا برای هر کمان شبکه سرعت محاسبه شده است و توسط رابطه (10) مصرف سوخت برای طی یک کیلومتر طول راه محاسبه می گردد. سپس این کمیت در حجم ترافیک وسیله نقلیه مورد نظر در آن کمان و همچنین طول آن کمان ضرب گردیده و حاصل روی کمان های شبکه جمع می شود.

7- تعیین میزان نشر آلاینده های هوا در هر گزینه

میزان نشر آلاینده های مختلف توسط وسایل نقلیه مختلف تابعی از تکنولوژی وسیله نقلیه،

نوع سوخت و سرعت وسیله نقلیه است. توابع مورد استفاده در مدل تخصیص ترافیک برای برآورد میزان برخی از آلاینده‌های منتشر شده توسط وسایل نقلیه مختلف برای طی یک کیلومتر طول راه با سرعت v بر حسب گرم عبارتند از [3]:

1- میزان نشر آلاینده‌های هوا توسط موتورسیکلت بصورت روابط (11) و (12):

$$CO = 76.76 - 1.61v + 0.0095 v^2 + \frac{95.91}{v} \quad (11)$$

$$HC = 25.47 - 0.43v + 0.0024 v^2 + \frac{178.47}{v} \quad (12)$$

1- میزان نشر آلاینده‌های هوا توسط سواری، تاکسی و وانت بصورت روابط (13)، (14) و (15):

$$CO = 127.64 - 2.68v + 0.016 v^2 + \frac{160.12}{v} \quad (13)$$

$$HC = 6.06 - 0.10v + 0.00056 v^2 + \frac{42.57}{v} \quad (14)$$

$$NO_x = 0.7 + \frac{1.92}{1 + 93.54 e^{-0.049v}} \quad (15)$$

1- میزان نشر آلاینده‌های هوا توسط اتوبوس و کامیون بصورت رابطه (16):

$$NO_x = 19.63 - 0.32v + 0.0037 v^2 + \frac{21.13}{v} \quad (16)$$

1- میزان نشر آلاینده‌های هوا توسط مینی‌بوس بصورت رابطه (17):

$$NO_x = 0.64(19.63 - 0.32v + 0.0037 v^2 + \frac{21.13}{v}) \quad (17)$$

جهت محاسبه میزان نشر هر نوع آلاینده مربوط به هر نوع وسیله نقلیه در شبکه، ابتدا برای هر کمان شبکه سرعت محاسبه شده است و توسط روابط (11-17) میزان نشر آلاینده مورد نظر برای طی یک کیلومتر طول راه محاسبه می‌گردد. سپس این کمیت در حجم ترافیک وسیله نقلیه مورد نظر در آن کمان و همچنین طول آن کمان ضرب گردیده و حاصل روی کمان‌های شبکه جمع می‌شود.

8- معرفی و مقایسه گزینه‌ها

برای تعیین تاثیر اجرای گزینه‌های پیشنهادی لازم است تمام پروژه‌های مصوب و پیشنهادی شهر تهران جز گزینه‌های مورد مطالعه در شبکه پایه (شبکه معابر فرادست) در نظر گرفته شود.

سیستم حمل و نقل عمومی در شبکه معابر فرادست شامل شبکه اتوبوسرانی و شبکه مترو پیشنهادی مصوب در طرح جامع حمل و نقل و ترافیک تهران می‌باشد. تعداد خطوط مترو که در شبکه معابر فرادست در نظر گرفته شده خطوط 1 تا 7 مترو می‌باشد.

جهت ارزیابی میزان تاثیر احداث تونل ملت در بهبود شاخص‌های عملکردی با تاثیر احداث یک خط مترو مقایسه گردید. بدین منظور دو گزینه تعریف شد. در گزینه اول بر روی شبکه معابر فرادست طرح تونل ملت و در گزینه دوم شبکه معابر فرادست با شش خط مترو (خطوط 1 تا 6 مصوب مترو) در نظر گرفته شد. در جدول (2) گزینه‌های مطرح شده معرفی شده‌اند.

جدول 2. معرفی گزینه‌های مطرح شده در سال 1404.

شماره اجرا	گزینه	شبکه معابر	سیستم قطار شهری
		عنوان	عنوان
60	پایه	شبکه پایه فرادست	خطوط 1 تا 7 مترو
70	گزینه (1)	شبکه پایه فرادست + طرح تونل ملت	خطوط 1 تا 7 مترو
71	گزینه (2)	شبکه پایه فرادست	خطوط 1 تا 6 مترو

8-1- بررسی و مقایسه گزینه‌ها

به منظور راحتی مقایسه شاخص‌های عملکردی در گزینه‌های مختلف بعضی از شاخص‌های مهم حاصل از تحلیل تقاضای حمل و نقل در سال 1404 و بارگذاری تقاضای مزبور بر شبکه‌های فرضی در قالب گزینه‌های مختلف با استفاده از نتایج تخصیص ترافیک توسط نرم‌افزار EMME/2 در جدول (3) ارائه شده است. این شاخص‌ها عبارتند از:

- مسافت طی شده در شبکه (وسیله‌نقلیه - کیلومتر)
- متوسط سرعت حرکت (کیلومتر در ساعت)
- زمان تأخیر در تقاطع (وسیله‌نقلیه - ساعت)
- زمان تأخیر در مسیر (وسیله‌نقلیه - ساعت)
- نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر
- نسبت زمان تأخیر 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)

جدول 3. مقایسه تأثیر احداث تونل ملت با احداث یک خط مترو بر شاخص‌های عملکردی.

شاخص عملکردی	گزینه گزینه پایه (7 خط مترو)	گزینه (1) (تونل ملت) (7 خط مترو)	گزینه (2) (6 خط مترو)	تأثیر احداث تونل ملت (درصد)	تأثیر احداث یک خط مترو (درصد)
مسافت طی شده (وسیله نقلیه - کیلومتر)	6487615	6489347	6946092	0/03	-7/1
متوسط سرعت حرکت (کیلومتر در ساعت)	33/6	34	30/4	1/2	9/5
زمان تأخیر در مسیر (وسیله - ساعت)	46854	45420	60666	-3/1	-29/5
زمان تأخیر در تقاطع (وسیله - ساعت)	38319	37860	45173	-1/2	-17/9
نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر (درصد)	44/2	43/6	49	-1/4	-10/9
نسبت زمان تأخیر به مسافت طی شده (به ازای هر صد هزار وسیله نقلیه - کیلومتر)	1313	1283	1558	-2/2	-18/7
درصد شبکه در حالت کند و بحرانی	21/5	20/6	25/6	-4/2	-18/9
مصرف سوخت (لیتر)	930245	927478	1000363	-0/3	-7/5
نشر آلاینده‌ها (NOX+HC+CO)(تن)	310131	309225	342431	-0/3	-10/4

مقایسه تأثیر احداث تونل ملت با احداث یک خط مترو بر شاخص‌های ترافیکی نشان می‌دهد که با احداث یک خط مترو نسبت به احداث تونل ملت تأثیر بیشتری در بهبود شاخص‌های ترافیکی دارد به طوری که تأثیر احداث یک خط مترو در کاهش مسافت طی شده در سطح شبکه معابر شهر تهران به میزان 7/07 درصد بیشتر از احداث تونل ملت می‌باشد. همچنین با مقایسه تأثیر بر سایر شاخص‌ها خواهیم داشت:

- سرعت به میزان 8/3 درصد افزایش بیشتری دارد؛
- زمان تأخیر در تقاطع به میزان 26/4 درصد کاهش بیشتری دارد؛
- زمان تأخیر در مسیر به میزان 16/7 درصد کاهش بیشتری دارد؛
- نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر به میزان 9/5 درصد کاهش بیشتری دارد؛
- نسبت زمان تأخیر به مسافت طی شده به میزان 16/5 درصد کاهش بیشتری دارد؛

- مصرف سوخت به میزان 7/2 درصد کاهش بیشتری دارد و

- نشر آلاینده‌ها به میزان 10/2 درصد کاهش بیشتری دارد؛

مقایسه تاثیر احداث تونل ملت با احداث یک خط مترو بر شاخص‌های ترافیکی نشان می‌دهد که احداث یک خط مترو تاثیر بیشتری در افزایش سرعت، کاهش زمان تاخیر، کاهش مصرف بنزین و تولید آلاینده‌ها دارد.

با توجه به هزینه ساخت هر یک از دو طرح، و کاهش مصرف سوخت و نشر آلاینده‌ها و همچنین کاهش زمان تاخیر به عنوان منافع می‌توان ارزیابی اقتصادی مختصری انجام داد. با توجه به به هزینه 700 میلیارد تومانی در ساخت تونل توحید (طول 2 کیلومتر) و همچنین طول تونل ملت (تقریباً 3/5 کیلومتر) می‌توان هزینه ساخت تونل ملت را حدود 1225 میلیارد تومان برآورد کرد. از طرفی قرارداد منعقد شده جهت احداث خط 7 مترو معادل 1200 میلیارد تومان می‌باشد. میزان صرفه‌جویی در هزینه‌های زمان تلف شده و مصرف سوخت در نتیجه اجرای این دو طرح نیز به صورت زیر قابل محاسبه است:

طرح احداث خط 7 مترو:

(با فرض اینکه متوسط ارزش کاری شهروندان 2000 تومان در ساعت در نظر گرفته شود و متوسط ضریب سرنشین در سال طرح 1/5 بوده و براساس فعالیت کاری 320 روز در طی سال)
(میزان صرفه‌جویی در رابطه با کاهش زمان سفر در شهر تهران) = (هزینه 1 ساعت برای استفاده‌کننده) * (تعداد روزهای کاری در سال) * (ساعت روز) * (مقدار کاهش زمان تاخیر) * (ضریب سرنشین)

$$\text{تومان} \quad 198 / 393 / 600 / 000 = 10 * 320 * 20000 * (20666) * 1/5$$

(میزان صرفه‌جویی در رابطه با کاهش مصرف بنزین) = (هزینه 1 لیتر بنزین مصرفی) * (تعداد روزهای کاری در سال) * (ساعت روز) * (مقدار کاهش مصرف بنزین)
تومان $112 / 188 / 800 / 000 = 10 * 320 * 5000 * (930245 - 1000363)$

کل صرفه‌جویی حاصل از کاهش زمان سفر در شهر تهران و کاهش مصرف برابر با 310/6 میلیارد تومان

طرح احداث تونل ملت:

$$\text{تومان} \quad 18 / 172 / 800 / 000 = 10 * 320 * 20000 * (1893) * 1/5$$

(میزان صرفه‌جویی در رابطه با کاهش مصرف بنزین) = (هزینه 1 لیتر بنزین مصرفی) * (تعداد روزهای کاری در سال) * (ساعت روز) * (مقدار کاهش مصرف بنزین)
تومان $4 / 427 / 200 / 000 = 10 * 320 * 5000 * (930245 - 927478)$

کل صرفه‌جویی حاصل از کاهش زمان سفر در شهر تهران و کاهش مصرف برابر با 22/7 میلیارد تومان

مقایسه هزینه و منافع دو طرح پیشنهادی در جدول (4) ارائه شده است.

جدول 4. مقایسه هزینه - منافع دو طرح پیشنهادی.

شاخص عملکردی	تأثیر احداث تونل ملت (درصد)	تأثیر احداث خط مترو (درصد)
گزینه	1225	1200
هزینه (میلیارد تومان)	22/7	310/6
منافع (میلیارد تومان)		

9- نتیجه‌گیری

مهم‌ترین دستاوردهای مطالعات برنامه‌ریزی حمل‌ونقل در کلان‌شهرهای 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.

در این مقاله در راستای بررسی و تحلیل طرح پیشنهادی تونل ملت (نیایش - صدر) و تاثیر آن بر وضعیت ترافیک در شبکه معابر در سال 1404 با احتساب تغییرات احتمالی در آینده به ارایه دو گزینه پرداخته شد و تاثیر هر یک در بهبود شاخص‌های حمل‌ونقلی و زیست‌محیطی محاسبه گردید. با وجود اینکه طرح تونل ملت در بهبود وضعیت ترافیک در شبکه معابر شهر تهران موثر می‌باشد اما با مقایسه مقایسه تاثیر احداث تونل ملت با احداث یک خط مترو بر شاخص‌های ترافیکی نشان می‌دهد که احداث یک خط مترو تاثیر بیشتری در افزایش سرعت، کاهش زمان تاخیر، کاهش مصرف بنزین و تولید آلاینده‌ها دارد. از مزایای طرح احداث یک خط مترو در مقایسه با طرح تونل ملت می‌توان به افزایش قابل توجه منافع حاصل از افزایش تعداد مسافر سوار شده به مترو، مسافر- کیلومتر مترو و نسبت مسافر- کیلومتر به طول خط و همچنین کاهش مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌های هوا و زمان سفر در مقابل هزینه برابر جهت احداث هر یک از دو طرح ارائه شده 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 جزئی از مزایای جانبی این انتخاب است.

10- منابع و مراجع

- [1]. شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، "طرح جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران (گزارش کلیات)"، مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران، گزارش شماره 930، پائیز 1386.
- [2]. Scott Ramming, M., (2002), "Network Knowledge and Route Choice", Doctoral Dissertation, Massachusetts Institute of Technology
- [3]. شرکت مطالعات جامع حمل‌ونقل و ترافیک تهران، "ساختار نهایی مدل حمل‌ونقل شهر تهران در محیط نرم‌افزار EMME/2"، مطالعات جامع حمل‌ونقل 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]. Chu., You-Lian., (1999), " Network Equilibrium Model of Employment Location and Travel Choices ", Transportation Research Record, 1667, pp. 127-132

[6]. Patriksson, M., (1994), "The Traffic Assignment Problem-Models and Methods" , Linkoping Institute of Technology, Linkoping, Sweden

[7]. مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران، 1389، "بهنگام سازی پایگاه اطلاعاتی عرضه حمل و نقل شهر تهران"، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران.

Analysis and evaluation of tunnel mellat design in EMME/2 software

Abstract:

One of the purpose of Tehran comprehensive transportation and traffic plan is evaluation of plan execution effects at a virtual environment, at this article after summarized presentation of Tehran comprehensive transportation and traffic model and a variety of scenarios creation method, is studied tunnel mellat design (from niayesh highway to sadr highway) and approved metro 7th line, separately and their effects on traffic and environment indicators is present.

Main performance indicators that is used on comparison between two scenarios consist of: network car equivalent average velocity, delay time, delay time to total travel time ratio, the ratio of streets network that traffic flow is ultra saturated, delay time to proceeded distance ratio, fuel consumption amount, emissions dispersion amount.

Key Word: EMME/2 Software, Traffic Assignment, Scenarios Creation, Tehran Metropolitan