

تاثیرسنجی امتداد خیابان امیرکبیر در تامین دسترسی قطعه شرقی کمربندی داخلی تهران به مرکز شهر

مونا مصلی نژاد¹، مرتضی عراقی²

1- کارشناس ارشد راه و ترابری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

2- استادیار دانشکده مهندسی - دانشگاه بیرجند

چکیده

اثرسنجی ترافیکی، به مفهوم بررسی کلیه اثرات اعم از مثبت و منفی اجرای یک پروژه شهری در وضعیت حمل و نقل و ترافیک شهر می باشد. بدیهی است میزان تأخیر اجرای یک پروژه پس از به بهره برداری رسیدن مشخص می شود که این امر خود مستلزم هزینه کلان اجرای پروژه است. در صورتیکه نتایج اجرای یک پروژه منطبق با هدف مورد نظر نباشد، برگشت امکان پذیر نخواهد بود و ضرر و زیان گزافی را به منابع مالی و اقتصادی شهر تحمیل می کند. باتوجه به تراکم محورهای مرکزی شبکه ارتباطی شهر و عدم تکافوی سطح شبکه در محدوده مرکزی، تکمیل حلقه بزرگراهی پیرامون هسته مرکزی شهر از اولویت خاصی برخوردار است. در این راستا به منظور بررسی چگونگی تأثیر امتداد خیابان امیرکبیر در تامین دسترسی شرق تهران به مرکز شهر سناریوهای مختلفی در نظر گرفته شده است. خیابان امیرکبیر معبر شریانی شرقی - غربی است که در وضع موجود از خیابان ناصر خسرو شروع شده و تا خیابان 17 شهریور ادامه دارد. حفاصل خیابان ایران تا خیابان 17 شهریور بصورت زیر گذر می باشد.

برای بررسی اثرات امتداد خیابان امیرکبیر، 5 سناریو در سیستم عرضه شهر تهران ساخته شده است، که عبارتند از شبکه وضع موجود، شبکه گزینه پیشنهادی اول و دوم، شبکه پایه فرادست و شبکه گزینه پیشنهادی فرادست. شاخصهای عملکردی عمده مورد استفاده در مقایسه بین دو گزینه شامل متوسط حجم همسنگ سواری در شبکه، درصد حرکات کند و بحرانی، میزان مصرف بنزین و میزان تولید آلاینده ها می باشد. گزینه های اول و دوم با شبکه وضع موجود و گزینه پیشنهادی فرادست با گزینه پایه فرادست مقایسه شد و در نهایت گزینه های برتر معرفی شدند.

کلید واژه: تاثیرسنجی ترافیکی، نرم افزار EMME/2، کمربندی داخلی، زیرگذر امیرکبیر.

1- کارشناس ارشد حمل و نقل و ترافیک شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، 021-22259058، mosalla@gmail.com

2- معاون فنی شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، 021-22259058، m.araghi@birjand.ac.ir

1- مقدمه

افزایش جمعیت شهر تهران، باعث بروز مشکلات بسیاری از جمله مشکلات سیستم حمل و نقل در این کلان شهر گردیده است. مشکلاتی که هزینه‌های سنگینی را بر استفاده‌کننده تحمیل می‌کند و در صورت عدم پاسخ مناسب به آن، بر سایر ابعاد جامعه نیز تاثیر منفی خواهد گذاشت.

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

باتوجه به تراکم ترافیک محورهای مرکزی شبکه ارتباطی شهر تهران و عدم تکافوی سطح شبکه در محدوده مرکزی، تکمیل کمربندی داخلی شهر از اولویت خاصی برخوردار است. کمربندی داخلی تامین‌کننده ارتباط سریع مناطق مرکزی شهر به یکدیگر است، بدون اینکه از شبکه معابر شریانی مرکز شهر استفاده شود. این کمربندی داخلی عبارتست از یک معبر بزرگراهی که مسیر آن عبارتست از مسیر شمالی: بزرگراه رسالت حدفاصل چمران تا امام علی (ع)، مسیر شرقی: بزرگراه امام علی (ع) از رسالت تا بعثت، مسیر جنوبی: بزرگراه بعثت از امام علی (ع) تا میدان بهمن و در ادامه تا بزرگراه تندگویان و مسیر غربی: بزرگراه نواب از بزرگراه تندگویان تا تقاطع آذربایجان و در ادامه زیرگذر توحید از تقاطع آذربایجان تا تقاطع باقرخان در بزرگراه چمران و همچنین بزرگراه چمران تا بزرگراه رسالت. قطعه شرقی این کمربندی به علت وجود بزرگراه امام علی (ع) از اهمیت خاصی برخوردار است [1]. لازم به ذکر است این بزرگراه وقتی به حداکثر کارایی خود می‌رسد که دسترسی به نقاط تولید و جذب سفر عمده را برقرار نماید. یکی از نقاط مهم جذب سفر بازار تهران است که احداث امتداد خیابان امیرکبیر و تقاطع غیرهمسطح آن دسترسی به خیابان امام خمینی و بازار تهران را تسهیل می‌نماید. به همین منظور تاثیر امتداد خیابان امیرکبیر در راستای تامین دسترسی شرق تهران به مرکز شهر در قالب سناریوهای مختلفی با استفاده از نرم‌افزار کلان‌نگر EMME/2 بررسی شده است.

2- 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 می‌شود. 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 ویژگی‌های اقتصادی - اجتماعی و توابع تقاضای سفر است.

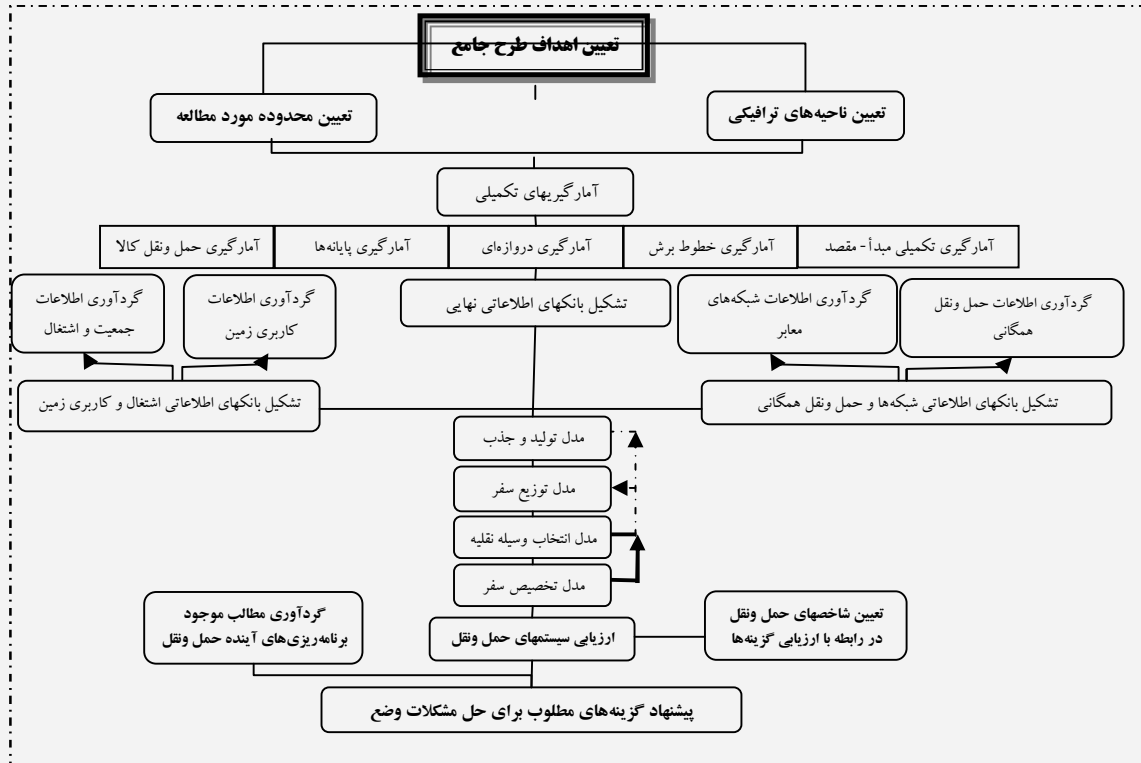
برای حل دستگاه مدل‌های عرضه و تقاضا، پذیرفتن فرضیاتی در نحوه انتخاب مسیر استفاده‌کنندگان لازم بوده و به کمک این فرضیات نحوه تخصیص تقاضای سفر به کمان‌های شبکه مشخص می‌شود. فرآیند تخصیص ماتریس تقاضا به کمان‌های شبکه "تخصیص ترافیک" نامیده می‌شود. با داشتن مدل‌های عرضه و تقاضا و به وسیله تخصیص ترافیک می‌توان 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 [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 (1) 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 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 (1). نمودار طرح کلی مدل چهار مرحله‌ای 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	جمعیت ساکن - جمعیت شاغل - تعداد دانش آموز و دانشجویان در محل سکونت و تحصیل - تعداد کارمندان در محل شغل - سرانه مالکیت سواری شخصی - تعداد تخت بیمارستان - تعداد پارک
توزیع سفر	فراتر (Fratat)	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.

<ul style="list-style-type: none"> - 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 مبدأ-مقصد بدون مترو 		
<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 کامین‌های 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 کمان‌های شبکه خیابانی (کمان‌های منتهی به تقاطع‌های چراغ‌دار و بدون چراغ) - توابع زمان سفر وسایل حمل و نقل عمومی 	روش تعادلی فرانک ولف	تخصیص ترافیک چندوسیله‌ای (Auto) و ترانزیت (Transit)

یک ماکرو در حالت کلی شامل سه بخش خواندن اطلاعات، انجام محاسبات و بهنگام‌سازی و چاپ اطلاعات می‌باشد [2].

مهم‌ترین ویژگی و قابلیت نرم‌افزار EMME/2 انجام مدل تخصیص ترافیک تعادلی است که در ادامه به مبانی نظری و الگوریتم حل آن پرداخته می‌شود.

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 [3]:

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

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

که در آنها:

h_p^{ij} : تعداد سفر از 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 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 [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

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 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 بطوریکه فقط قسمت‌های انتخاب شده در تابع هدف خطی سازی شده‌اند [5].

فرآیند محاسباتی کامل اعمال الگوریتم مورد استفاده برای مسئله تخصیص ترافیک در نرم افزار EMME/2 بصورت ذیل می باشد [6]:

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

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

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

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

• **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.

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

$$LB^{n-1} = Z(T^{n-1}, f^{n-1}) + Gap^{n-1} \quad (7)$$

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

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

• **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:

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

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

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

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

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

5- 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 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 منطقه 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

ورودی های سیستم فوق شامل بانک های اطلاعاتی شبکه خیابانی و شبکه عمومی در منطقه مورد مطالعه بوده و خروجی های سیستم شامل گزینه های ایجاد شده در بانک EMME/2 و جدول های گزارش می باشد. برنامه های FOXPRO و ماکروهای EMME/2 ارتباط بین ورودی و خروجی سیستم را فراهم می سازند [2].

یک گزینه طی سه مرحله در محیط نرم افزار ایجاد می شود [8]. 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.

6- معرفی و مقایسه گزینه های سیستم حمل و نقلی

کمربندی های شهر تهران به دو دسته کمربندی های داخلی و خارجی تقسیم بندی می شوند. کمربندی های داخلی ارتباط دهنده سریع مناطق مرکزی شهر به یکدیگر می باشند. این کمربندی از شمال به بزرگراه رسالت، از شرق به بزرگراه امام علی، از جنوب به بزرگراه بعثت و از غرب به بزرگراه

چمران محدود می شود. فهرست پروژه های مربوط به کمربندی داخلی که باید احداث و یا تکمیل گردند عبارتند از: احداث بزرگراه امام علی از مسیل باختر تا بزرگراه بعثت و تقاطع های مربوطه، تکمیل تقاطع امام علی با رسالت، احداث زیرگذر توحید و غیر همسطح کردن تقاطع های بعثت - رجایی و بعثت - بخارایی. در شکل (2) مسیر کمربندی داخلی و محل تقاطع های غیر همسطح مشخص گردیده است.

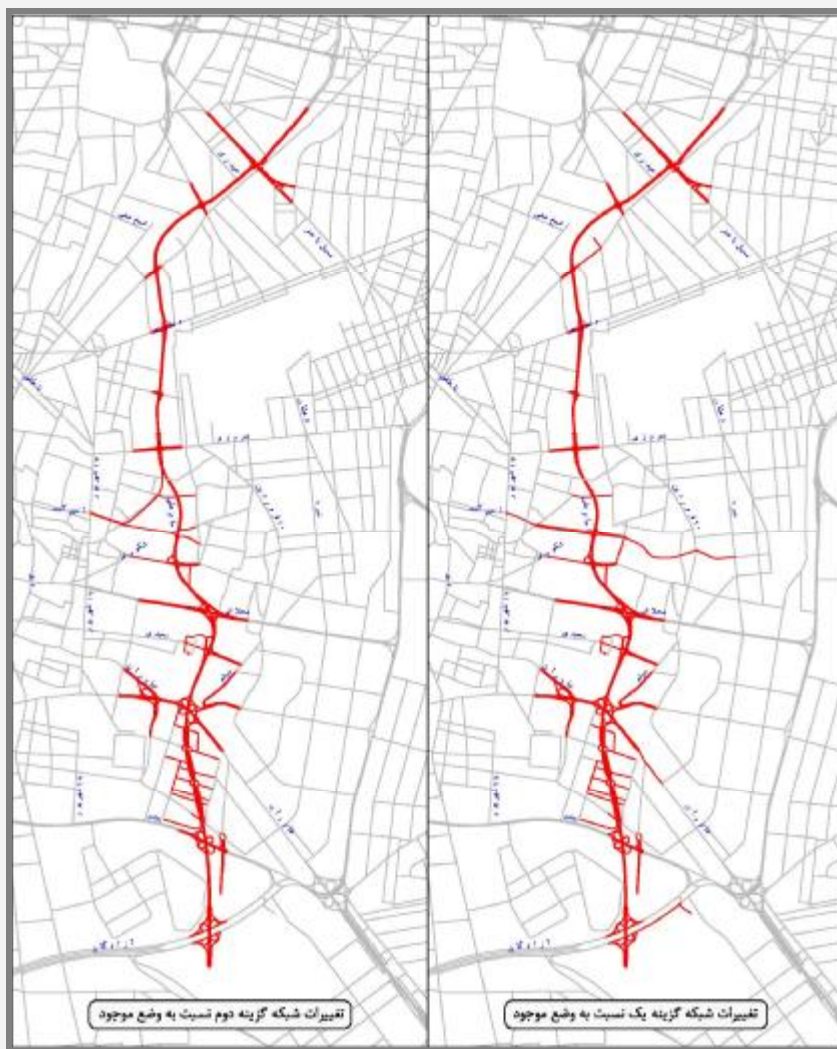


شکل 2: موقعیت شبکه کمربندی داخلی بر روی شبکه معابر وضع موجود.

در این میان برای به حداکثر رسیدن کارایی بزرگراه امام علی تقاطع امیرکبیر از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا دسترسی به نقاط تولید و جذب سفر عمده را برقرار می نماید. خصوصاً که باعث تسهیل دسترسی به خیابان امام خمینی و بازار تهران می گردد. لازم به ذکر است بر طبق مطالعات جامع شبکه معابر تهران که توسط "شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک" انجام شده است [9]، گزینه امتداد خیابان امیرکبیر در اولویت اول طرح های پیشنهادی قرار دارد. به همین منظور اثرات امتداد خیابان امیرکبیر مورد بررسی قرار گرفته است.

برای بررسی اثرات امتداد خیابان امیرکبیر، پنج گزینه در سیستم عرضه شهر تهران ساخته شده است، که عبارتند از شبکه وضع موجود، شبکه گزینه پیشنهادی 1 و 2 (که در این گزینه ها تغییراتی بر روی شبکه وضع موجود با در نظر گرفتن طرح تفصیلی اعمال شده که در قسمت های بعد به

تفصیل شرح داده خواهد شد)، شبکه پایه فرادست و شبکه گزینه پیشنهادی فرادست. سال افق طرح در این مطالعه سال 1404 می باشد و شبکه پایه نیز برای همین سال در نظر گرفته شده است. در شکل های (3) و (4) به ترتیب تغییرات گزینه پیشنهادی (1) و (2) نسبت به وضع موجود و تغییرات گزینه پیشنهادی فرادست نسبت به گزینه پایه نشان داده شده است. جدول (2) نیز تغییرات گزینه های پیشنهادی را ارایه داده است.



شکل 3: تغییرات گزینه های پیشنهادی 1 و 2 نسبت به وضع موجود.



شکل 4: تغییرات گزینه پیشنهادی فرادست نسبت به گزینه پایه.

جدول (2). معرفی گزینه‌های بررسی شده.

شماره	عنوان گزینه	فرضیه بنیادی مدل
1	وضع موجود	گزینه وضع موجود سال 1389 در نظر گرفته شده است
2	گزینه پیشنهادی اول	ادامه بزرگراه امام علی از مسیل باختر تا آزادگان ساخته خواهد شد. خیابان امیرکبیر به تونل امیرکبیر و راستگردهای 17 شهریور وصل می‌شود. تقاطع کرمان - امام علی غیر همسطح می‌شود.
3	گزینه پیشنهادی دوم	ادامه بزرگراه امام علی از مسیل باختر تا آزادگان ساخته خواهد شد. تونلی از مسیر شمال به جنوب بزرگراه امام علی در زیر خیابان درودیان احداث می‌شود. این تونل به زیرگذر امیرکبیر و 17 شهریور متصل می‌گردد. برای مسیر غرب به شرق خیابان کرمان نیز تونلی احداث می‌شود که به مسیر شمال به جنوب امام علی به وسیله راستگرد متصل می‌شود.
4	پایه فرادست	کلیه طرحهای بزرگراهی فرادست مصوب تا سال 1404 تکمیل شده است.
5	پیشنهادی فرادست	کلیه طرحهای بزرگراهی فرادست مصوب تا سال 1404 تکمیل شده و خیابان امام خمینی از امیرکبیر تا یادگار دوطرفه و خیابان ری نیز از شیرازی تا سه راه امین حضور دوطرفه عمل می‌کند.

6-1- 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 سال‌های 1389 و 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) و (4) ارائه شده است.

جدول (3): شاخصهای عملکردی گزینه‌ها در سال 1389.

شاخص‌های عملکردی	وضع موجود	گزینه 1	بهبود گزینه 1 نسبت به وضع موجود	گزینه 2	بهبود گزینه 2 نسبت به وضع موجود
وسيله‌نقلیه کیلومتر همسنگ‌سواری (*1000)	6049	6079	0/496	6072	0/380
متوسط سرعت همسنگ‌سواری (کیلومتر در ساعت)	26	27/5	5/769	27/3	5
نسبت زمان تاخیر به کل زمان سفر	55	52/9	-3/818	53/3	-3/091
درصد حرکت‌های کند و بحرانی	31/7	29/4	-7/256	29/9	-5/678
متوسط سرعت همسنگ‌سواری در بزرگراهها (کیلومتر در ساعت)	41/6	42/6	2/404	42/3	1/683
نسبت زمان تاخیر به کل زمان سفر در بزرگراهها	48/5	47/4	-2/268	47/7	-1/649
درصد حرکت‌های کند و بحرانی در بزرگراهها	28/2	26/7	-5/319	27	-4/255
متوسط سرعت همسنگ‌سواری در معابر شریانی درجه 1 (کیلومتر در ساعت)	17/1	18	5/263	17/8	4/094
نسبت زمان تاخیر به کل زمان سفر در معابر شریانی درجه 1	69/9	68/4	-2/146	68/7	-1/717
درصد حرکت‌های کند و بحرانی در معابر شریانی درجه 1	50/3	46/9	-6/759	48/4	-3/777
مصرف بنزین (هزار لیتر)	856	837	-2/220	841	-1/752
نشر آلاینده‌ها (CO + HC + NOX) (تن)	338	328	-2/959	328	-2/959

گزینه (1) تاثیر بیشتری در افزایش سرعت، کاهش درصد حرکات کند و بحرانی، کاهش مصرف بنزین و تولید آلاینده‌ها دارد.

جدول (4). شاخصهای عملکردی گزینه‌ها در سال 1404.

شاخص‌های عملکردی	پایه	گزینه پیشنهادی فرادست	بهبود گزینه پیشنهادی نسبت به گزینه فرادست
وسيله‌نقلیه کیلومتر همسنگ‌سواری (*1000)	6767	6763	-0/059
متوسط سرعت همسنگ‌سواری (کیلومتر در ساعت)	30/8	30/9	0/325
نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر	48/8	48/7	-0/205
درصد حرکت‌های کند و بحرانی	25/3	25	-1/186
متوسط سرعت همسنگ‌سواری در بزرگراهها (کیلومتر در ساعت)	47/7	47/8	0/210
نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر در بزرگراهها	41/2	41	-0/485
درصد حرکت‌های کند و بحرانی در بزرگراهها	22/1	21/6	-2/262
متوسط سرعت همسنگ‌سواری در معابر شریانی درجه 1 (کیلومتر در ساعت)	22	22/2	0/909
نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر در معابر شریانی درجه 1	61/5	61/2	-0/488
درصد حرکت‌های کند و بحرانی در معابر شریانی درجه 1	39/7	39/6	-0/252
مصرف بنزین (هزار لیتر)	901	900	-0/111
نشر آلاینده‌ها (CO + HC + NOX) (تن)	342	342	0/000

گزینه پیشنهادی باعث بهبود سرعت، کاهش درصد حرکات کند و بحرانی و کاهش مصرف بنزین شده است.

6-2- ارزیابی نهایی عملکرد گزینه‌ها و تعیین اولویت برتر

باتوجه به برآورد تقاضای حمل‌ونقل و ترافیک در تهران در سال 1389 و تخصیص ترافیک در گزینه‌های مطرح مشخص گردید سرعت در گزینه اول 5/8 درصد و در گزینه دوم 5 درصد افزایش داشته است که باعث می‌شود نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر در گزینه اول 3/8 درصد و در گزینه دوم 3 درصد کاهش پیدا کند. درصد شبکه در حالت‌های کند و بحرانی نیز در گزینه اول 7/2 درصد و در گزینه دوم 5/6 درصد بهبود پیدا کرده است.

همچنین با توجه به جدول (3) سرعت در بزرگراه‌ها و شریانی‌های درجه 1 افزایش داشته است که میزان این افزایش در گزینه اول بیشتر از گزینه دوم می‌باشد.

با توجه به نتایج حاصل و مقایسه آن با وضع موجود ملاحظه می‌گردد که سرعت در کل شبکه افزایش داشته و نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر و مسافت طی شده نیز نسبت به شبکه پایه بهبود یافته است. با توجه به نتایج جدول (3) مشخص است که بهبود وضعیت شبکه در گزینه اول بهتر از گزینه دوم می‌باشد. در گزینه اول معابر بیشتری نسبت به گزینه دوم ساخته شده است. همچنین در

این گزینه راست‌گردهای ارتباطی با بزرگراه امام علی (ع) تامین شده است. شکل (5) حجم همسنگ‌سواری را برای گزینه اول نشان می‌دهد. باتوجه به احداث تونل از مسیر شمال به جنوب بزرگراه امام علی به زیرگذر امیرکبیر واضح است که این تونل از بار ترافیکی بزرگراه امام علی می‌کاهد ولی وضعیت تونل بحرانی می‌گردد. از جمله مزایای احداث این تونل می‌توان به تامین ظرفیت عبوری حرکت شرقی - غربی و بالعکس در شبکه معابر این محدوده از شهر، سازگاری با محیط زیست و عدم ایجاد آلودگی صوتی و بصری برای بافت مسکونی موجود در این محدوده اشاره نمود [10].

حجم همسنگ‌سواری در مسیر جنوب به شمال بزرگراه امام علی در گزینه دوم از گزینه اول بیشتر است که باعث می‌شود گزینه دوم در وضعیت بدتری نسبت به گزینه اول قرار گیرد. در مجموع با مقایسه شاخص‌های عملکردی مشخص است گزینه اول نسبت به گزینه دوم برتری دارد.



شکل 5: حجم همسنگ‌سواری برای گزینه پیشنهادی اول در یک ساعت اوج صبح.

همچنین باتوجه به برآورد تقاضای حمل‌ونقل و ترافیک در سال 1404 و تخصیص ترافیک مشخص شد حجم ترافیک حدود 0/06 درصد کاهش یافته است. متوسط سرعت همسنگ‌سواری حدود 0/3 درصد افزایش یافته است و بالتبع نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر حدود 0/2 درصد کاهش یافته است. درصد حرکات کند و بحرانی 1/2 درصد کاهش پیدا کرده است. با توجه به جدول (4) ملاحظه می‌گردد متوسط سرعت همسنگ‌سواری در بزرگراه‌ها و شریانی‌ها درجه 1 افزایش یافته است که به همین دلیل نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر در بزرگراه‌ها و

شریانی‌ها درجه 1 کاهش یافته است. درصد حرکت‌های کند و بحرانی در بزرگراه‌ها 2/26 درصد و در شریانی‌های درجه 1، 0/25 درصد کاهش یافته است. همچنین میزان مصرف بنزین نیز حدود 0/111 درصد کم شده است. میزان نشر آلاینده‌ها نیز در این گزینه تا حدودی بهبود پیدا کرده است. شکل 6 نشان می‌دهد در گزینه پیشنهادی وضعیت بزرگراه امام علی بهتر شده و از حجم آن کاسته شده است. همچنین وضعیت خیابان امیرکبیر نیز بهبود پیدا کرده است. حجم خیابان امیرکبیر نیز در گزینه پیشنهادی کم شده است. با مقایسه تمامی شاخص‌های عملکردی مشخص است که دوطرفه کردن خیابان‌های امام خمینی و ری باعث بهبود وضعیت شبکه می‌گردد.



شکل 6: حجم همسنگ سواری برای پیشنهادی فرادست در یک ساعت اوج صبح.

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 حمل و نقل تهران مشخص نمود و براین اساس تا سال افق برنامه ریزی تسهیلات مذکور را برای شهر فراهم ساخت.

کمربندی داخلی تامین کننده ارتباط سریع مناطق مرکزی شهر به یکدیگر است، بدون اینکه از شبکه معابر شریانی مرکز شهر استفاده شود. این کمربندی از شمال به بزرگراه رسالت از شرق به بزرگراه امام علی از جنوب به بزرگراه بعثت و از غرب به بزرگراه چمران محدود می شود که قطعه شرقی این کمربندی به علت وجود بزرگراه امام علی از اهمیت خاصی برخوردار است. با توجه به اینکه احداث امتداد خیابان امیرکبیر و تقاطع غیر همسطح آن می تواند دسترسی به خیابان امام خمینی و بازار تهران را تسهیل نماید، لذا تاثیر امتداد خیابان امیرکبیر در قالب گزینه های مختلفی بررسی شده است. برای بررسی اثرات امتداد خیابان امیرکبیر، 5 شبکه در سیستم عرضه شهر تهران ساخته شده است، که عبارتند از شبکه وضع موجود، شبکه گزینه پیشنهادی اول و دوم، شبکه پایه فرادست و شبکه گزینه پیشنهادی فرادست.

در ارزیابی گزینه های پیشنهادی وضع موجود مشاهده می شود که حجم ترافیک سواری و سرعت افزایش یافته است که در نتیجه نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر کاهش پیدا کرده است. درصد شبکه در حالت های کند و بحرانی نیز بهبود یافته است. سرعت در بزرگراه ها و شریانی های درجه 1 افزایش و نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر کاهش یافته است. با مقایسه شاخص های مختلف برای گزینه های اول و دوم مشاهده می شود که بهبود وضعیت شبکه در گزینه اول بیشتر از گزینه دوم می باشد.

تحلیل گزینه پیشنهادی فرادست نشان می دهد حجم ترافیک کاهش یافته است. متوسط سرعت همسنگ سواری افزایش و بالتبع نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر کاهش یافته است. درصد حرکات کند و بحرانی نیز کاهش پیدا کرده است. متوسط سرعت در بزرگراه ها و شریانی های درجه 1 افزایش یافته است و درصد حرکات کند و بحرانی و نسبت زمان تأخیر به کل زمان سفر کاهش پیدا کرده است. در مجموع می توان گفت این گزینه باعث بهبود وضعیت شبکه در سال افق طرح می گردد.

مراجع

- 1- 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.
- 2- 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.
- 3- Sheffi, J., (1985), "Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods", Prentice Hall.
- 4- Scott Ramming, M., (2002), "Network Knowledge and Route Choice", Doctoral Dissertation, Massachusetts Institute of Technology.

- 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- EMME/2 user's manual, 1994, Published by INRO Consultant.
- 8- 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.
- 9-American Association of state Highway and Transportation officials. A Policy on Geametric Design of Highway and Streets Washington D.C 2001.
- 10- اثرسنجی ترافیکی طرح تونل امیرکبیر، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، گزارش شماره 528 پ، تابستان 1389.