



## ارائه مدل اولویت بندی احداث تقاطع های غیر همسطح بر اساس معیارهای ترافیکی، زیست محیطی و اقتصادی

عبدالرضا ابراهیمی، کارشناس ارشد راه و ترابری، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران  
مریم عسگری پور، کارشناس برنامه ریزی حمل و نقل، شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران  
[rezaebrahimi57@gmail.com](mailto:rezaebrahimi57@gmail.com), 021-22259058  
[maryam.asgaripour@gmail.com](mailto:maryam.asgaripour@gmail.com), 021-22259058

### چکیده

در معابر شهری ظرفیت تقاطع ها تعیین کننده ظرفیت معابر می باشند، لذا به منظور کاهش تراکم ترافیک، برخی تقاطع ها طبق ضوابط و معیارهایی باید به تقاطع غیر همسطح تبدیل شوند. از آنجا که احداث چنین سازه هایی از جمله پروژه های زمان بر و پرهزینه می باشند لازم است که قبل از اجرای هر طرحی، تاثیر حاصل از اجرای آن در سیستم شبکه معابر مورد مطالعه قرار گیرد تا متولیان، با توجه به محدودیت بودجه، نسبت به اولویت بندی احداث هر تقاطع بتوانند تصمیمات لازم را اتخاذ نمایند. نوع و شکل تقاطع غیر همسطح و موقعیت آن در شبکه معابر یکی از عوامل اصلی در تعیین اولویت ساخت تقاطع است. پروسه انتخاب نوع و شکل تقاطع، روند بسیار پیچیده ای دارد و پارامترها و شرایط گوناگونی از قبیل میزان تحصیل حریم، قیمت زمین مورد نظر، ظرفیت نوع خاص تقاطع غیر همسطح (با توجه به حجم ترافیک تقاطع)، هزینه ساخت، مسایل مربوط به ایمنی، کنترل دسترسی ها، میزان بهبود شاخص های ترافیکی و زیست محیطی و ... در انتخاب نوع بهینه تقاطع غیر همسطح دخیل می باشند.

در این مقاله معیارهای اقتصادی، ترافیکی و زیست محیطی برای اولویت بندی تقاطع های غیر همسطح تعیین شده سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، وزن و اهمیت این معیارها تعیین شده و در نهایت اولویت بندی احداث تقاطع های نیازمند غیر همسطح سازی در سطح شهر تهران ارائه شده است.

**کلید واژه:** اولویت بندی، تقاطع غیر همسطح، معیار ترافیکی، معیار زیست محیطی، معیار اقتصادی، تحلیل سلسله مراتبی (AHP).



افزایش روزافزون جمعیت و مالکیت وسایل نقلیه در شهر تهران و تمرکز فعالیت‌ها در آن، موجب رشد سفرهای درون‌شهری گردیده و با توجه به محدودیت ظرفیت شبکه ارتباطی شهر تهران توسعه معابر امری اجتناب‌ناپذیر است. با توجه به این که در اکثر معابر شهری ظرفیت تقاطع‌ها تعیین‌کننده ظرفیت معابر می‌باشند، لذا به منظور کاهش تراکم ترافیک و روانی تردد معبر، برخی تقاطع‌ها طبق ضوابط و معیارهایی باید به تقاطع غیرهمسطح تبدیل شوند. از آنجا که احداث چنین سازه‌هایی از جمله پروژه‌های زمان‌بر و پرهزینه می‌باشند باید حتماً ضرورت احداث و اجرای این پروژه‌ها تایید شوند. به همین منظور لازم است که قبل از اجرای هر طرحی، تاثیر حاصل از اجرای آن در سیستم شبکه معابر مورد مطالعه قرار گیرد تا متولیان، با توجه به محدود بودن بودجه، نسبت به اولویت‌بندی احداث هر تقاطع بتوانند تصمیمات لازم را اتخاذ نمایند. بدون شک احداث هر تقاطع غیرهمسطح تاثیر مثبتی بر ترافیک دارد ولی این که تاثیر آن به چه میزان بوده و به چه قیمتی صورت می‌پذیرد مساله دیگری است که باید مشخص شود.

مطالعات فراوانی با استفاده از این روش برای موضوعات مختلف در کشورهای دیگر صورت گرفته است. یکی از این مطالعات مربوط به کوریا و همکاران<sup>1</sup> برای تعیین شاخصی برای ارزیابی سطح سرویس ترمینالهای فرودگاه در شهر سائوپائولو برزیل می‌باشد [1]. آنها در مطالعه خود از تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین ضرایب رابطه سطح سرویس نهایی ترمینال فرودگاه با توجه به سطح سرویس تک تک بخشهای مختلف ترمینال استفاده نموده‌اند. آنها برای تعیین ضرایب از نظرات خود کاربران برای تعیین سطح سرویس ترمینال فرودگاهها استفاده نمودند.

مطالعه دیگری نیز توسط یائو و موریکاوا<sup>2</sup> در ژاپن صورت گرفته است [2]. مطالعه آنها در مورد پیش‌بینی تقاضای سفری بین‌شهری می‌باشد، که در بخشی از مطالعات خود برای تعیین مقصد سفر یعنی مرحله توزیع سفر از تابع مطلوبیت استفاده نموده‌اند. یکی از متغیرهای موجود در تابع مطلوبیت، جذابیت مقصد بوده است که برای محاسبه آن از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) شده است.

مطالعه دیگری در این زمینه توسط سون<sup>3</sup> در شهر سئول کره جنوبی انجام شده است [3]. وی در این مطالعه به ارائه معیاری برای حذف پلهای عابرپیاده غیرضروری پرداخته شده است. وی در این مطالعه از پارامترهای کارکردی پل، دوام سازه‌ای و عدم تطابق با سیاستهای پایدار شهری برای حذف پل‌ها استفاده نموده است و برای تعیین وزن و اهمیت زیرمجموعه‌های پارامترهای کارکردی پل یعنی بهبود

۱- Correia et al

۲- Morikawa et al

۳- Sohn

رفت و آمد، سازگاری محیطی و ایمنی ترافیک از مقایسه زوجی و تحلیل سلسله مراتبی استفاده نموده است.

یکی دیگر از مطالعات انجام شده، مقایسه نتایج پروژه‌های حمل‌ونقلی با روشهای آنالیز هزینه- فایده و روش ارزیابی چندمعیاره بوسیله تودلا و همکاران<sup>1</sup> می‌باشد [4]. آنها در مطالعه خود برای ارزیابی چندمعیاره از روش تحلیل سلسله مراتبی برای تعریض بخشی از راه در شیلی استفاده نموده‌اند. مطالعه آنها نشان داد که نتایج بدست آمده از تحلیل سلسله مراتبی نسبت به آنالیز سود- هزینه به تصمیمات نهایی مسئولین نزدیکتر بوده است که دخیل نمودن سایر پارامترها علاوه بر پارامترهای کمی اقتصادی باعث بهبود ارزیابی و در نهایت تصمیم‌گیری نسبت به حالت تحلیل سود- هزینه می‌باشد.

از جمله مطالعات دیگر در زمینه تحلیل سلسله مراتبی، می‌توان به مطالعه پارک و همکاران<sup>2</sup> اشاره نمود [5]. آنها در مطالعات خود از تحلیل سلسله مراتبی برای ارزیابی سرویس‌دهندگان حمل بار در کشور کره جنوبی پرداختند. ایشان برای ارزیابی سرویس‌دهندگان از پارامترهایی چون سرعت، دقت، ایمنی، راحتی، صرفه اقتصادی و قابلیت اطمینان از نگاه کاربران استفاده نمودند. آنها در نهایت براساس مقایسه زوجی در تحلیل سلسله مراتبی به این نتیجه رسیدند که قیمت یا هزینه سرویس مهمترین پارامتر در انتخاب سرویس حمل بار توسط کاربران می‌باشد.

## 2- تعریف مساله و اهداف تحقیق

سالانه میلیاردها ریال بودجه برای اجرای پروژه‌هایی، جهت بهبود عملکرد ترافیکی و روان‌سازی جریان ترافیک و کاهش زمان سفر در کلان‌شهرها صرف می‌شود که در برخی مواقع به علت عدم مطالعات جامع، اثر نامطلوبی بر روی کل شبکه شهری می‌گذارد. احداث تقاطع‌های غیرهمسطح جزو پروژه‌های با هزینه بالا می‌باشد که با هدف جداسازی فیزیکی مسیرهای ترافیکی و ایجاد جریان ترافیک پیوسته و کم‌شدن زمان تاخیر و افزایش ظرفیت تقاطع‌ها صورت می‌گیرد ولی تجربه نشان داده است احداث یک تقاطع غیرهمسطح می‌تواند باعث افزایش زمان سفر و تاخیر در تقاطع مجاور شود که این نتیجه مغایر با هدف احداث تقاطع و ضرورت وجود آن می‌باشد.

بدیهی است چنانچه شهرداری به‌عنوان کارفرما در ساخت و احداث معابر و تقاطع‌ها از یک امکانات نامحدود (چه از نظر مالی و اعتباری و چه از نظر دسترسی به امکانات و تجهیزات) برخوردار بود، بهتر بود که کلیه پروژه‌ها در دستور ساخت قرار داده شوند. اما بدون شک واقعیت غیر از این است و

۴- Tudela et al

۱- Park et al



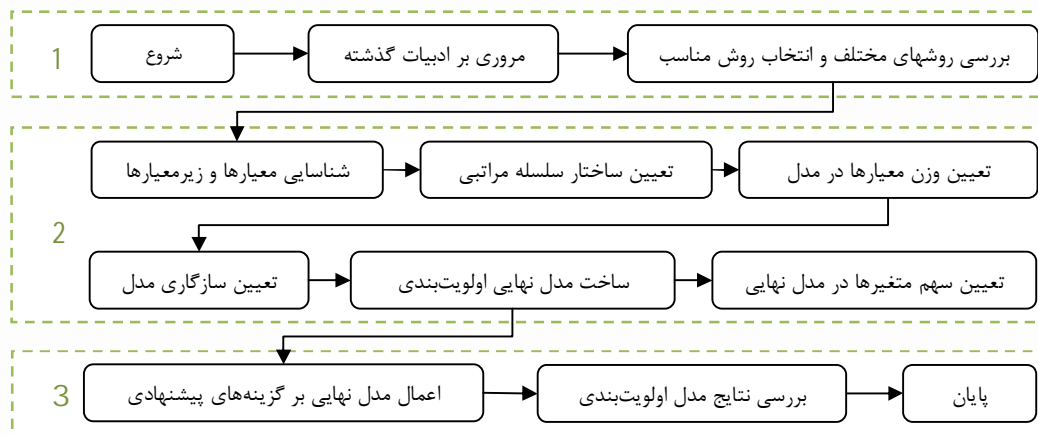
شهرداری تهران به شدت با محدودیت منابع و امکانات مواجه است. بنابراین ضرورت ایجاب می کند که امکان اجرای تمام پروژه ها برحسب میزان تاثیر و ضرورت ساخت و ساز مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند.

مهم ترین ضرورت اولویت بندی به علت محدودیت منابع است، لذا با توجه به کمبود بودجه و اعتبارات تخصیص داده شده در هر سال و یا عدم تخصیص بودجه لازم برای اجرای یک پروژه، ضرورت دارد که برای تخصیص بهینه اعتبارات، اولویت بندی درستی انجام شود. پس از این که ضرورت و اهمیت اولویت بندی احداث تقاطع های غیرهمسطح مشخص گردید و تبیین شد، لازم است که به چگونگی انجام اولویت بندی نیز توجه شود. بدیهی است که روش انجام اولویت بندی، بر نتایج حاصل از آن اثرگذار است؛ بنابراین تعیین روشی مناسب برای این امر، از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است.

برای اولویت بندی احداث تقاطع های غیرهمسطح، شاخص ها و معیارهای متفاوتی را می توان در نظر گرفت. این شاخص ها می بایست بر اساس شرایط کشور و همچنین اطلاعات موجود انتخاب گردد. اهمیت وزن دهی به این شاخص ها و معیارها نیز باید به گونه ای باشد که احداث تقاطع ها بر اساس مسایل ترافیکی و اجرایی مربوطه، اولویت بندی گردند. همان طور که گفته شد، به منظور تعیین تاثیر حاصل از اجرای تقاطع غیرهمسطح در سیستم شبکه معابر از یک نرم افزار شبیه ساز مناسب استفاده می شود. در این مقاله پس از انتخاب چند تقاطع در شهر تهران، پس از بررسی مبانی تئوری و روند توسعه مدل سازی حمل و نقل شهری تهران به بررسی و ارزیابی گزینه ها پرداخته و با توجه به مجموع وزن معیارها، اولویت احداث تقاطع ها تعیین می شود. با توجه به این که در این مقاله از مدل حمل و نقل و ترافیک شهر تهران (EMME/2) استفاده شده است، بنابراین در ابتدا خلاصه ای از ساختار آن توضیح داده خواهد شد.

## 2 - فرآیند انجام مطالعه

متدولوژی و روش انجام مطالعه حاضر در شکل 1 آورده شده است. چنانچه در شکل مربوطه مشاهده می گردد، بطور کلی روش انجام مطالعه شامل 3 بخش می باشد. بخش اول شامل بررسی مطالعات گذشته و روشهای مختلف و انتخاب یک روش مناسب می باشد. بخش دوم شامل ساخت مدل بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بوده و در بخش سوم، با اعمال مدل نهایی بر گزینه های واقعی در شهر تهران، نتایج مدل استخراج گردیده است.



شکل ۱: فرآیند انجام مطالعه اولویت بندی احداث و توسعه شبکه معابر شهری

## 2.1 - فرآیند تحلیل سلسله مراتبی 1 (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف ترین روشهای تصمیم گیری چندمعیاره<sup>2</sup> (MCDM) است که اولین بار توسط توماس ساعتی<sup>3</sup> در دهه 1970 ابداع گردیده است. تحلیل سلسله مراتبی یک مدل تصمیم گیری چندمعیاره است که برای تصمیم گیری در مورد انتخاب گزینه‌ها استفاده می شود. برای انجام تحلیل سلسله مراتبی می بایست سه گام اصلی طی شود، که عبارتند از:

### الف) ایجاد ساختار سلسله مراتبی

این مرحله مهمترین مرحله در فرآیند ساختار سلسله مراتبی به حساب می آید. در این مرحله ساختار تصمیم یعنی هدف، معیارها و زیرمعیارها و چگونگی ارتباط آنها با گزینه‌ها مشخص می شود.

### ب) تعیین وزن معیارهای اصلی و فرعی

در این مرحله عناصر هر سطح به صورت مقایسه زوجی، با توجه به عناصر بالادستی آنها با یکدیگر مقایسه می شوند تا در نهایت وزنها نسبی عناصر تعیین گردد. روش اصلی برای محاسبه وزنها بر پایه ماتریس مقایسه زوجی می باشد. ساعتی برای تعیین وزن معیارهای کیفی، مقیاس 9 طبقه ای لیکرد<sup>4</sup> را برای ارزیابی اهمیت نسبی بین عناصر پیشنهاد نموده است. در این مقیاس عدد 1 نشان دهنده اهمیت یکسان و عدد 9 نشان دهنده درجه اهمیت فوق العاده زیاد می باشد.

### ج) محاسبه نرخ سازگاری ماتریس مقایسه زوجی

۱- Analytical Hierarchy Process  
۲- Multi-Criteria Decision Making  
۳- Tomas Saaty  
۴- Likerd



سازگاری به این مفهوم است که اگر عنصر (الف) دو برابر عنصر (ب) اهمیت داشته باشد و عنصر (ب) سه برابر عنصر (ج) اهمیت داشته باشد، آنگاه در یک سیستم کاملاً سازگار عنصر (الف) باید شش برابر عنصر (ج) اهمیت داشته باشد [6]. اگر ناسازگاری وجود داشته باشد و مقدار آن زیاد باشد، سیستم تصمیم‌گیری به سمت قضاوت‌های نادرست میل خواهد کرد. ساعتی نرخ ناسازگاری تا 10 درصد را قابل قبول دانسته و برای مقادیر بیشتر توصیه کرده است که مقایسه زوجی مجدداً صورت پذیرد. مقایسه‌های زوجی حاصل از نظرسنجی‌ها به ماتریسی مربعی منجر می‌شود که دارای  $n$  عنصر (به تعداد عناصر هر سطح) می‌باشد. اگر ماتریس مقایسه زوجی  $A$  بصورت رابطه 1 باشد:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

آنگاه در ماتریس مقایسه زوجی، درایه  $a_{ij}$  نشان‌دهنده اهمیت نسبی بین عناصر  $i$  و  $j$  در هر سطح با توجه به عنصر بالایی می‌باشد. در ماتریس ناسازگار، مقدار ویژه  $(n-1)$  بردار صفر و مقدار ویژه یک بردار یعنی  $\lambda_{\max}$  از  $n$  بزرگتر خواهد بود، یعنی رابطه 2 برقرار می‌باشد [6].

$$\lambda_{\max} > n \quad (2)$$

ساعتی برای استقلال بررسی ناسازگاری ماتریس مقایسه زوجی از رتبه ماتریس، رابطه توسعه یافته‌ای را برای شاخص ناسازگاری ارائه کرده است، که بصورت رابطه 3 می‌باشد [6].

$$I.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

در نهایت نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسه‌ای زوجی می‌تواند از طریق رابطه 4 بدست آید [6].

$$I.R. = \frac{I.I.}{I.I.R.} \quad (4)$$

که در آن  $I.I.R.$  شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی مرتبه  $n$  می‌باشد و مقادیر آنها مشخص می‌باشد.

## 6 - روند ساخت شبکه پایه و گزینه‌ها

پس از شناسایی تقاطع‌های همسطحی که غیرهمسطح کردن آنها به‌عنوان یک راهکار ترافیکی مطرح می‌باشد (بر اساس طرح جامع شبکه معابر شهر تهران، طرح‌های مصوب معاونت فنی و عمرانی و نظرات کارشناسی به منظور رفع گره‌های ترافیکی) و تهیه طرح غیرهمسطح مصوب آنها یا طراحی طرح مناسب (برای تقاطع‌هایی که طرحی برای آنها پیش‌بینی نشده)، باید به منظور تعیین شاخص‌های موثر در اولویت‌بندی احداث آنها، در نرم‌افزار مناسبی شبیه‌سازی گردند. همان‌طور که گفته شد، در این مطالعه از نرم‌افزار EMME/2 بدین منظور استفاده شده است.

جهت شبیه‌سازی گزینه‌ها ابتدا باید شبکه پایه، انتخاب گردد. لذا بدین منظور و با توجه به افق





طرح این مطالعه، شبکه معابر سال 1389 پس از به روز کردن تمام تغییرات صورت گرفته تا تاریخ انجام مطالعه، به عنوان شبکه پایه در نظر گرفته شد. شبکه معابر وضع موجود شامل تمامی معابر حمل و نقلی به همراه وضعیت هندسی، محدودیت‌های حرکتی، خصوصیات عرضه حمل و نقلی مانند چراغ‌های راهنمایی و رانندگی، شبکه حمل و نقل عمومی (شامل خطوط اتوبوس‌رانی و مترو) در وضعیت موجود (سال 1389) می‌باشد. بعد از انجام شبیه‌سازی طرح تقاطع‌ها در قالب گزینه‌های جداگانه، به منظور اولویت‌بندی احداث هر کدام طی برنامه‌ای پنج‌ساله، ابتدا معیارهایی جهت تصمیم‌گیری تعیین می‌گردند.

### 7 - معیارهای منتخب جهت تصمیم‌گیری

اولویت‌بندی احداث تقاطع‌های غیرهمسطح یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره است که به منظور تعیین الویت اجرایی از چندین معیار سنجش استفاده می‌گردد. هر یک از معیارها دارای ویژگیها و خصوصیات متفاوتی بوده که گاهی پرداختن به یکی از معیارها، معیار دیگر را تحت شعاع قرار می‌دهد. در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با تعیین وزن هر معیار و ترکیب آنها گزینه‌ای به عنوان گزینه برتر انتخاب می‌گردد که در آن همه معیارها لحاظ کند. برای اولویت‌بندی پنج معیار اصلی در نظر گرفته شده است، که عبارتند از:

#### الف) معیار ترافیکی

از مهمترین معیارهای در نظر گرفته شده در اولویت‌بندی احداث تقاطع‌های غیرهمسطح، بهبود وضعیت ترافیک با افزایش سرعت و کاهش زمان سفر می‌باشد که افزایش مطلوبیت برای کاربران را به دنبال دارد. زیرمعیارهای متوسط سرعت حرکت، درصد شبکه کند و بحرانی، مجموع تأخیرها (در تقاطع و مسیر) مدنظر قرار گرفته شده است. برای امتیازدهی به هر معیار، خروجی‌های مدل حمل‌ونقل و ترافیک شهر تهران در نرم‌افزار EMME/2 مورد استفاده قرار خواهند گرفت. در هر سه معیار با افزایش آنها مطلوبیت گزینه کاهش می‌یابد.

#### ب) معیار زیست‌محیطی

احداث یک تقاطع غیرهمسطح تاثیرات بسیاری بر محیط‌زیست دارد، بنابراین در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی از جمله معیارهایی است که باید در مورد هر تقاطع مدنظر قرار گیرد. این معیار شامل زیرمعیارهای میزان تولید آلاینده‌ها، مصرف سوخت (بنزین و گازوئیل) می‌باشد. در امتیازدهی هر تقاطع، به تقاطعی که بیشترین تولید آلاینده‌ها و میزان مصرف سوخت را دارد، کمترین امتیاز تعلق می‌گیرد.

#### ج) معیار اجرایی



از عوامل مهم در تعیین اجرایی بودن احداث یک تقاطع غیرهمسطح می توان به مواردی نظیر میزان تملک حریم مورد نیاز، هزینه (تملك حریم، احداث و تعمیر و نگهداری)، مسائل سیاسی، تاثیرات اجتماعی و ... اشاره نمود.

**د) معیار ایجاد دسترسی**

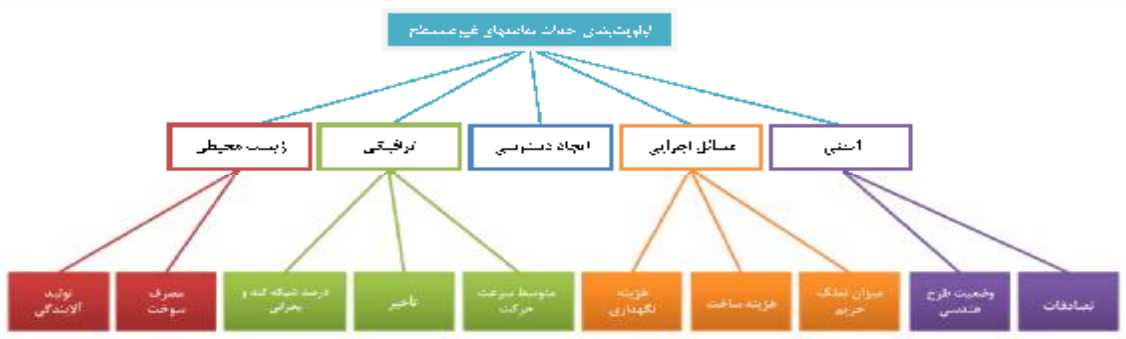
هدف از تعیین این معیار بررسی تامین یا عدم تامین دسترسی ضروری در اثر احداث این تقاطع غیرهمسطح می باشد که می تواند در تعیین اولویت احداث موثر باشد.

**ه) معیار ایمنی**

به طور کلی در تقاطع های غیرهمسطح آمار تصادفات و مسایل ایمنی نسبت به تقاطع های همسطح به دلیل کاهش نقاط برخورد در سطح بالاتری قرار دارد. بنابراین این معیار یکی از موثرترین عوامل در اولویت بندی تقاطع ها خواهد بود. این معیار شامل زیرمعیارهای تعداد تصادفات، شدت تصادف و هزینه تصادف می باشد.

**8 - ساختار فرآیند سلسله مراتبی**

پس از تعیین معیارهای تصمیم گیری در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تعریف سلسله مراتب که یکی از بخش های مهم فرآیند می باشد انجام می گردد. در شکل 2 ساختار سلسله مراتبی برای اولویت بندی احداث تقاطع های غیرهمسطح ارائه شده است.



شکل 2: سلسله مراتب اولویت بندی احداث تقاطع های غیرهمسطح

همانطور که در شکل 2 مشاهده می گردد، در سطح اول اولویت بندی احداث تقاطع های غیرهمسطح قرار دارد، که هدف تصمیم می باشد. در سطح دوم معیارها و شاخصهای اصلی و فرعی و در سطح سوم نیز گزینه های تصمیم قرار دارند که شامل پروژه های تقاطع های غیرهمسطح می باشند.





### 8.1 - تعیین وزن معیارهای ساختار سلسله مراتبی

برای تعیین وزن نهایی هر معیار، پرسشنامه‌ای تهیه گردیده و در اختیار کارشناسان حمل و نقل و ترافیک قرار داده شده است. برای محاسبه وزن نسبی معیارها، ابتدا ماتریس مقایسات نرمال شده محاسبه می‌گردد. برای ماتریس مقایسات نرمال شده از رابطه 6 استفاده شده و در نهایت ماتریس رابطه 7 حاصل خواهد شد.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \mathbf{L} & a_{1n} \\ \mathbf{M} & \mathbf{L} & \mathbf{M} \\ a_{n1} & \mathbf{L} & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (6)$$

$$A' = \begin{bmatrix} a'_{11} & \mathbf{L} & a'_{1n} \\ \mathbf{M} & \mathbf{L} & \mathbf{M} \\ a'_{n1} & \mathbf{L} & a'_{nn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

آنگاه میانگین اعداد هر سطر از ماتریس مقایسات نرمال شده محاسبه شده که وزن نسبی معیارهای تصمیم می‌باشد (رابطه 8).

$$W_i = \sum_{j=1}^n a'_{ij} \quad (8)$$

که در آن:

$W_i$  وزن نسبی معیار  $i$  می‌باشد.

بنابراین براساس نتایج پرسشگری و روابط 4 تا 6، وزن نسبی معیارها استخراج گردیده است که در شکل 3 آورده شده است.

جدول 2: وزن معیارها در اولویت‌بندی احداث تقاطع‌های غیرهمسطح

معیار اصلی		زیست محیطی			ترافیکی			ایجاد دسترسی			مسائل اجرایی (هزینه)		ایمنی	
درصد تاثیر		16			62			6			7		9	
معیار فرعی		مصرف سوخت	تولید آلاینده‌ها	سرعت	تاخیر	شبکه بحرانی				زمین	ساخت	نگهداری	تصادفات	طرح هندسی
درصد تاثیر		62	38	21	43	36				47	32	21	76	24

### 8.2 - ساخت مدل اولویت‌بندی احداث تقاطع‌های غیرهمسطح

برای محاسبه ارزش نهایی هر گزینه می‌بایست وزن نسبی هر معیار در وزن معیارهای بالاتر و سپس در مقدار نرمال شده آن پارامتر ضرب گردیده و در نهایت با هم جمع گردد. بنابراین رابطه نهایی به



شکل رابطه 9 ایجاد خواهد شد.

$$\begin{aligned} \text{امتیاز هر گزینه} &= \sum_{i=1}^n U_i \times F_i \\ &= 0/20F_D + 0/13F_{CN} + 0/09F_V + 0/02F_P + 0/06F_{FG} \\ &+ 0/03F_{CM} + 0/17F_{CB} + 0/15F_{CG} + 0/02F_{SA} + 0/01F_{SG} \end{aligned} \quad (9)$$

که در آن:

- $F_D$ : مقدار نرمال شده تاخیرها (وسیله نقلیه - ساعت)؛
- $F_{CN}$ : نسبت نرمال شده شبکه کند و بحرانی به کل شبکه؛
- $F_V$ : مقدار نرمال شده سرعت (کیلومتر بر ساعت)؛
- $F_P$ : مقدار نرمال شده نشر آلاینده‌ها؛
- $F_F$ : مقدار نرمال شده مصرف سوخت؛
- $F_{CM}$ : مقدار نرمال شده هزینه تعمیر و نگهداری؛
- $F_{CB}$ : مقدار نرمال شده هزینه ساخت؛
- $F_{CG}$ : مقدار نرمال شده هزینه تملک زمین؛
- $F_{SA}$ : مقدار نرمال شده تعداد تصادفات (فوتی، جرحی و خسارتی)؛
- $F_{SG}$ : مقدار نرمال شده وضعیت طرح هندسی.

گام بعدی محاسبه نرخ سازگاری در ماتریس مقایسه زوجی می‌باشد. در حالت کلی می‌توان گفت میزان قابل قبول ناسازگاری یک ماتریس یا سیستم، به تصمیم‌گیرنده بستگی دارد، اما آقای ساعتی عدد 10 درصد را به عنوان حد قابل قبول ارائه می‌نماید و معتقد است چنانچه میزان ناسازگاری بیشتر از 10 درصد باشد، بهتر است در قضاوتها تجدیدنظر گردد.

باتوجه به نتایج بدست آمده از میانگین نظرات کلیه کارشناسان و متخصصان حمل‌ونقل و ترافیک، برای تک تک ماتریسهای مقایسه زوجی و در نهایت کل ماتریسها، نرخ ناسازگاری محاسبه گردیده است و عدد 0/04 برآورد گردیده است. با توجه به اینکه عدد مذکور کمتر از 0/10 است، نرخ ناسازگاری بدست آمده قابل قبول می‌باشد.

### 9 - اجرای مدل و اولویت‌بندی احداث تقاطع‌های غیر همسطح

در نهایت براساس نرمال کردن مقادیر هر یک از متغیرها با استفاده از رابطه 10 و جایگذاری هر یک از آنها در مدل نهایی (رابطه 9)، ارزش نهایی هر گزینه استخراج گردیده و در جدول 2 آورده شده است.

$$\text{مقدار نرمال شده متغیر } i \text{ در گزینه } j = \frac{X_{ij} - X_{i \min}}{X_{i \max} - X_{i \min}} \quad (10)$$

که در آن:

$X_{ij}$ : مقدار متغیر  $i$  در گزینه  $j$ ؛

$X_{i \min}$ : مقدار حداقل متغیر  $i$  در بین تمامی گزینه‌ها؛

$X_{i \max}$ : مقدار حداکثر متغیر  $i$  در بین تمامی گزینه‌ها.





جدول 3: اهمیت احداث هر یک از تقاطعها با توجه به تمامی معیارهای موثر در اولویت بندی

ردیف	اسامی تقاطعها	ارزش	اولویت احداث
1	امام رضا- بعثت - 17 شهریور	8	1
2	افسریه - محلاتی	7	1
3	میرداماد - ولی عصر - کردستان	7	1
4	میدان تجریش	6	1
5	میدان قدس	6	1
6	باقری - (فرجام - رسالت - جانبازان)	6	1
7	میدان آزادی	6	1
8	آزادی - استاد معین	6	1
9	شیخ فضل... نوری - ستارخان (پل تاج)	5	1
10	بزرگراه بعثت - دشت آزادگان (میدان بهمن)	5	2
11	اشرفی اصفهانی - جلال آل احمد	5	2
12	حکیم - بلوار تعاون	5	2
13	بزرگراه سعیدی - زرند - آذری (میدان بوتان و سهراب آذری)	5	2
14	پل بعثت - (رجایی - بخارایی - پرستویی)	5	2
15	بزرگراه مدرس - آرش	5	2
16	یافت آباد - آیت... سعیدی	5	2
17	جاده مخصوص - ایران خودرو	5	2
18	چهارراه جهان کودک (حقانی - آفریقا)	5	2
19	بزرگراه امام رضا (ع) - میدان ثامن الحجج (آقانور)	5	3
20	فلکه دوم صادقیه	5	3
21	گمنام - کارگر	4	3
22	کردستان - گمنام	4	3
23	(اتصال ایوانک غرب و شرق و اتصال بلوار همیلا به ایوانک غرب)	4	3
24	اتوبان کرج - ایران خودرو	4	3
25	وحدت اسلامی - 15 خرداد (پل)	4	3
26	بلوار فردوس - بزرگراه ستاری	4	3
27	حکیم - دهکده المپیک	4	3
28	میدان پونک	4	4
29	جاده مخصوص کرج - فرودگاه	4	4
30	ستاری - اتوبان کرج	4	4

اولویت احداث	ارزش	اسامی تقاطعها	ردیف
4	4	میدان صنعت	31
4	4	کمربندی شمالی شهرری - غیوری (جاده سوم)	32
4	4	رسالت - پروین	33
4	4	اشرفی اصفهانی - حکیم	34
4	4	45 متری صدرا (چشمه) - بزرگراه آزادگان	35
4	4	آزادراه کرج - کوهک	36
4	4	اتصال نمایشگاه شهر آفتاب - حرم مطهر امام خمینی (ره)	37
5	3	جاده مخصوص - گلها	38
5	3	بزرگراه صالح آباد - بلوار امام خمینی (سرايه بهشت زهرا)	39
5	3	رسالت - آیت	40
5	3	بزرگراه فتح (جاده قدیم) - ایران خودرو	41
5	3	کمربندی شمالی شمالی شهرری - ابن بابویه	42
5	3	کمربندی شمالی شهرری - فدائیان اسلام	43
5	3	بزرگراه فتح (جاده قدیم) - قلعه حسن خان (انقلاب اسلامی)	44
5	3	بزرگراه نواب - خیابان آزادی	45
5	3	میدان هفت تیر	46
5	3	سرايه باقرشهر (جاده قدیم قم - شمالی بهشت زهرا)	47

چنانچه در جدول 2 مشاهده می‌گردد، برای هر تقاطع مقداری بین یک و 10 حاصل شده است. بدیهی است که هرچه ارزش تقاطع به عدد ده نزدیکتر باشد، آن گزینه مطلوب‌تر می‌باشد. پس از ارزش گذاری هر یک از تقاطعها اولویت بندی احداث آنها در پنج اولویت انجام گردید.

### 10 - نتیجه گیری

در این مقاله مدلی برای اولویت بندی احداث تقاطعهای غیرهمسطح پیشنهادی ارائه گردیده است. برای این منظور از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردیده است. بر اساس این روش، معیارها و ساختار سلسله مراتبی مشخص گردیده و بر اساس نگاه کارشناسان، وزن معیارها تعیین شده است. در این مدل بر خلاف روشهای پیشین تصمیم گیریها که صرفاً بر اساس معیارهای ترافیکی و یا هزینهها بوده است، در این مدل توسعه داده شده از ترکیب معیارهای ترافیکی، زیست محیطی، اقتصادی، اجرایی و استفاده گردیده است. آنگاه با اعمال مدل نهایی بر گزینههای واقعی در شهر تهران، نتایج جالبی استخراج گردیده است.



- براساس مدل مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نتایج ذیل حاصل گردیده است:
- 1- از بین متغیرهای تاثیرگذار در اولویت بندی شبکه معابر شهری، میزان تاخیرها و هزینه تملک زمین دارای اهمیت بالاتری بوده و نقش آنها در انتخاب گزینه برتر بیشتر از سایر متغیرها می باشد.
  - 2- بزرگراه های شهر تهران کامل نبوده و نیازمند احداث تقاطع های غیرهمسطح در این بزرگراه ها برای تکمیل و دستیابی به عملکرد بزرگراهی می باشد. این نیاز در مناطق پیرامونی شهر تهران، بسیار بیشتر از سایر مناطق می باشد.
  - 3- احداث تقاطع غیرهمسطح در خیابان های شریانی که در طول مسیر خود دارای تقاطع های همسطح متعددی می باشد راهکار مناسب نمی باشد. چرا که با احداث یک تقاطع غیرهمسطح باعث افزایش زمان تاخیر در تقاطع همسطح مجاور و ایجاد یک گره ترافیکی می شود.
  - 4- در محدوده مرکزی شهر نیز به دلایل اثرگذاری پارامترهایی چون هزینه ها و مسائل زیست محیطی، احداث تقاطع غیرهمسطح چندان مطلوب نمی باشد، که نتیجه فوق با تئوری عدم مطلوبیت خودروهای شخصی در محدوده های مرکزی شهرها تطابق دارد.

#### 11 - تقدیر و تشکر

در پایان از همکاری صمیمانه جناب آقای مهندس خشایی پور معاون محترم مطالعات و برنامه ریزی سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران و نیز مساعدت مدیریت محترم عامل شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران جناب آقای مهندس نوروزی، که زمینه مساعدی را جهت تهیه این مقاله و استفاده از امکانات آن شرکت فراهم نموده اند، کمال تشکر و قدردانی به عمل می آید.

12 - مراجع

- 1- 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، 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 حمل و نقل و ترافیک تهران، "ساختار نهایی مدل حمل و نقل شهر تهران در محیط نرم افزار EMME/2"، 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- 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- شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران، "بهنگام سازی پایگاه اطلاعاتی عرضه حمل و نقل شهر تهران"، مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک شهر تهران، 1389.

