

# رتبه بندی مدهای مختلف حمل و نقل مسافری درون شهری به کمک روش تاپسیس

علی حیدری اناری<sup>\*</sup>، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران  
امیرعباس شجاعی، استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران

<sup>\*</sup>پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [hajaliheidari@gmail.com](mailto:hajaliheidari@gmail.com)

دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۱۸ - پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۱۵

صفحه ۱۵۹-۱۶۷

## چکیده

پدیده رو به رشد افزایش جمعیت و گسترش حمل و نقل درون شهرها باعث ایجاد ترافیک و آلودگی زیست محیطی می شود و به تبع آن پیامدهای اقتصادی و اجتماعی فراوانی را موجب می شود. این موضوع یکی از مشکلات مهم جوامع شهری است. استفاده از سیستمهای حمل و نقل کارا و موثر به عنوان یکی از بهترین روش ها در جهت حل این مشکلات در بین کارشناسان و مدیران شهری مد نظر می باشد. اما از آنجا که احداث و راه اندازی سیستمهای حمل و نقل عمومی مستلزم صرف هزینه های فراوان می باشد، لذا انتخاب بهترین سیستم حمل و نقل عمومی درون شهری بطوریکه که تمامی جوانب اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را در برداشته باشد، نیاز به بررسی و ارزیابی دقیق دارد. مقاله حاضر با شناسایی مهمترین عوامل تاثیرگذار بر انتخاب سیستم حمل و نقل، از دیدگاه کارشناسان و متخصصان حمل و نقل به رتبه بندی انواع این سیستمها، با استفاده از تصمیم گیری چندمعیاره تاپسیس می پردازد تا مدل مناسب و جامعی را برای انتخاب سیستمهای حمل و نقل در اختیار برنامه ریزان و مدیران امر قرار دهد. در این تحقیق، برای امتیازدهی سیستمها، با توزیع پرسشنامه بین کارشناسان حمل و نقل و پس از جمع آوری اطلاعات مربوط به معیارهای شناسایی شده جهت تعیین اولویت این سیستم ها در شهر تهران استفاده شد و با استفاده از مدل ارائه شده، گزینه مترو به عنوان سیستم حمل و نقل برتر انتخاب گردید. این در حالی است که براساس داده های سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران در سال ۱۳۹۳ روزانه فقط ۱۶/۴ درصد، سهم مترو در جابجایی سفرهای روزانه شهر تهران را دارد. ولی در سالهای اخیر سرمایه گذاری در زمینه مترو بطور قابل چشمگیری افزایش یافته است که این نشان می دهد برنامه ریزان و مدیران شهری به این مسئله کاملا واقف هستند.

واژه های کلیدی: رتبه بندی، تصمیم گیری چندمعیاره، مدل حمل و نقل، تاپسیس

## ۱- مقدمه

امروزه یکی از مهم ترین چالش های پیش روی کلانشهرهای ایران مسئله حمل و نقل درون شهری است. فقدان برنامه ریزی راهبردی برای سیستمهای حمل و نقل شهری علاوه بر این که موجب تکرار سرمایه گذاری های مشترک در زیرساخت های جامعه می شود، نیز باعث ناهماهنگی و ناسازگاری این سیستم ها با یکدیگر شده و ممکن است مشکلات عدیده ای را در اتصال زیرسیستم ها به یکدیگر ایجاد کند [تندیسه و رضایی، ۱۳۹۲]. افزایش جمعیت و توسعه شهرها در سال های اخیر باعث ایجاد مشکلات فراوانی در زندگی عادی بشر شده

است. یکی از این مسائل که حمل و نقل عمومی درون شهری است و امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از روشهای رایج حمل و نقل عمومی می توان به مترو، اتوبوس، BRT، تاکسی های شهری ون، موتورسیکلت و دوچرخه اشاره کرد که در اکثر شهرهای دنیا مورد استفاده قرار می گیرند. هر کدام از روشهای حمل و نقل عمومی ویژگی هایی را داشته و به دلیل همین ویژگی های خاص دارای اولویت بندیهای مختلفی هستند و لازم است بکارگیری و گسترش آنها متناسب با ویژگی آنها و

شرایط جغرافیایی، جمعیتی، اجتماعی و اقتصادی شهر مورد نظر باشد.

امروزه با توجه به شرایط اقتصادی - اجتماعی و زیست محیطی کلانشهرها، هر گونه مدیریت درست در برنامه ریزی و سرمایه گذاری برای توسعه و گسترش سیستمهای حمل و نقل عمومی، تاثیر بسزایی در حمل و نقل شهرها و به تبع آن حل مشکلات ناشی از ترافیک و آلودگی زیست محیطی خواهد داشت. در صورت عملکرد مناسب سیستم حمل و نقل عمومی، علاوه بر رضایتمندی بیشتر کاربران این سیستم ها، بخش عمده‌ای از استفاده کنندگان حمل و نقل شخصی نیز به آن جذب خواهند شد، و بدین وسیله بار ترافیکی موجود در شبکه و عوارض منفی ناشی از آن کاهش خواهد یافت. جهت افزایش کارایی سیستمهای حمل و نقل عمومی، روشهای گوناگونی از قبیل گسترش و نوسازی شبکه حمل و نقل عمومی موجود، بهبود برنامه زمانبندی حرکت وسایل نقلیه و استفاده از حمل و نقل سریع با ظرفیت بالا وجود دارد، که هر یک به فراخور ماهیتشان سهمی در بهبود عملکرد سیستم حمل و نقل عمومی دارند.

اما از میان روشهای فوق استفاده از سیستمهای حمل و نقل عمومی سریع با ظرفیت جابجایی بالای مسافران به دلیل خصوصیات منحصر بفردشان و توانایی در پاسخگویی به تقاضای رو به رشد سفرهای درون شهری بیشتر مورد توجه کارشناسان و مدیران شهری قرار گرفته اند. اما مسئله ای که همواره برای مدیران و برنامه ریزان شهری مطرح بوده است، اینست که کدامیک از سیستمهای حمل و نقل عمومی درون شهری با ویژگیهای مختلف، کارآمدتر و مناسبترند؟

یکی از مهم ترین مسائلی که در حوزه حمل و نقل عمومی مطرح است، مسأله گسترش ساختار شبکه حمل و نقل عمومی براساس اولویت های موجود است. بر همین اساس اولویت بندی روش های حمل و نقل عمومی و توسعه گزینه مناسب، در سالهای اخیر مورد توجه جدی مدیران شهری و محققین این حوزه قرار گرفته است. برخی از مطالعات در این زمینه در ادامه بیان شده است.

توزکایا بوسیله روش تصمیم گیری چندمعیاره AHP فازی به ارزیابی تاثیرات زیست محیطی بر روشهای حمل و نقل پرداخته است. در این پژوهش به ارزیابی گزینه های حمل و نقل ریلی، جاده ای، دریایی و چند وجهی پرداخته شده

است [توزکایا، ۲۰۰۹]. اتو در پژوهشی تاثیر عوامل روانی را با بکارگیری از روش تصمیم گیری چندمعیاره (MADM)، در انتخاب گزینه های حمل و نقل مورد ارزیابی قرار داده است [اتو، ۲۰۱۰]. بانسیو و فلوریا بوسیله روش تصمیم گیری چندمعیاره (MADM)، پژوهشی در مورد سیستم پشتیبان از تصمیم گیری در مدیریت حمل و نقل شهری انجام دادند [بانسیو و فلوریا، ۲۰۰۹]. وی هوا و همکاران، در پژوهشی، روش ارزیابی فازی چندلایه ای را به منظور بررسی حالت های مختلف اتوبوس تندرو بکار بردند [وی هوا و همکاران، ۲۰۰۵]. یآوری و همکاران در پژوهشی به ارزیابی شاخص های حمل و نقل مؤثر بر الگوهای مدیریت بحران پرداخته است. معیارهای این پژوهش عبارتند از: کاهش تأخیرات، بهبود امنیت، کاهش هزینه های اضافی و میزان تجربه [یآوری و همکاران، ۲۰۱۱]. حمیدرضا احدی و همکاران به اولویت بندی گزینه های مختلف حمل و نقل عمومی در شهر تهران و بازنگری در مدیریت تخصیص بودجه حمل و نقل عمومی، بر اساس این اولویت ها پرداختند و به منظور انجام این مطالعه، از روش تحلیل سلسله مراتبی گروهی استفاده کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که گزینه مترو دارای بالاترین اولویت در بین گزینه های مورد بررسی است [احدی، قاسمی صاحبی و ذاکری سردودی، ۱۳۹۲].

ما نیز در این مطالعه با استفاده از ۱۰ معیار آلودگی زیست محیطی، ایمنی، رضایتمندی، دسترسی آسان، زمان سفر، بازدهی سرمایه، مصرف سوخت، هزینه سفر، کارایی در شرایط بد جوی و ظرفیت جابجایی که به نظر کارشناسان حمل و نقل از عوامل مؤثر در انتخاب نوع سیستم حمل و نقل می باشند به رتبه بندی ۸ گزینه مترو، BRT، اتوبوس، ون، تاکسی، موتور، دوچرخه و سواری شخصی در شهر تهران، که بیشترین کاربرد را در جابجایی مسافران درون شهری را دارند می پردازیم.

## ۲- پیشینه تحقیق

آلودگی زیست محیطی، اتلاف وقت و انرژی، افزایش زمان سفر، اثرات اقتصادی و اجتماعی منفی، از نتایج ترافیک و شلوغی در کلانشهرها است. برای حل این مشکل کارآمدترین روشی که در میان کارشناسان شهری مطرح می باشد، استفاده

بهینه و مناسب از سیستمهای حمل و نقل عمومی بالاخص استفاده از سیستمهای حمل و نقل شهری با ظرفیت بالا است. در مسائل مرتبط با ترافیک و حمل و نقل فقط یک عامل دخالت ندارد، بلکه عوامل مختلفی مانند عوامل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در وجود آمدن آنها تاثیر دارند، بنابراین در بررسی و تحلیل آنها فقط به یک عامل نمی توان توجه کرد. از پر کاربرد ترین و موثرترین روشهایی که امروزه در دنیا برای تحلیل همزمان شاخصهای کمی و کیفی در فرآیند یک مسأله مورد استفاده قرار می گیرد، روشهای تصمیم گیری چندمعیاره است که در این تحقیق از روش تاپسیس استفاده خواهد شد. به طور کلی فرآیند تصمیم گیری در روشهای تصمیم گیری چند معیاره به شرح زیر است:

1. تعریف مسأله
  2. گردآوری اطلاعات
  3. شناسایی شاخصها
  4. تعیین گزینه های اولیه
  5. ارزیابی گزینه ها برای تصمیم گیری در مورد بهترین آنها
  6. تعیین بهترین گزینه در بین گزینه ها
- هدف از این تحقیق ارائه یک الگوی علمی مناسب به منظور اولویت بندی روشهای حمل و نقل عمومی در شهر تهران با استفاده از روشهای تصمیم گیری چندمعیاره است. حال سوالی که پیش می آید این است که در یک شبکه شهری از کدام سیستم حمل و نقل عمومی می توان استفاده کرد که علاوه بر پاسخگویی بر تقاضای سفر، از نظر اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی عملکرد مناسب داشته باشد؟ از چه مدلی می توان استفاده نمود که پارامترهای کمی و کیفی را توأمأ در یک محیط لحاظ کرده و منجر به انتخاب مناسبترین سیستم حمل و نقل عمومی گردد؟

بدیهی است می توان با تکیه بر مطالعات و دانش موجود در تصمیم گیری، مدلی را بر اساس میزان اهمیت هر پارامتر دخیل در انتخاب سیستم ایجاد نمود، که تا حد قابل قبولی و بصورت نسبی تمامی این نیازها را پاسخگو باشد. برای این منظور سعی بر آن شده است در این تحقیق با شناسایی و طبقه بندی پارامترهای موثر در انتخاب بهترین سیستم حمل و نقل عمومی که شامل مسائل اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست محیطی است که علاوه بر در نظر گرفتن معیارهای کمی و کیفی بتواند

نیازهای حمل و نقلی در حال و آینده طبق برنامه ریزی های کوتاه و بلند مدت پاسخگو باشد.

### ۳- روش تحقیق تاپسیس

واژه تاپسیس (TOPSIS) مخفف «Technique For Order Preferences By Similarity To Ideal Solution» می باشد که در فارسی به «تکنیکی برای مرتب کردن ترجیحات با عنایت به شباهتشان به راه حل ایده آل» برگردانده شده است. تاپسیس به عنوان یکی از روشهای جبرانی کلاسیک در تصمیم گیریهای چند معیاره برای حل مسائل اولویت بندی بر اساس شباهت با راه حل ایده آل مثبت توسعه داده شد. این روش در سال ۱۹۸۱ توسط هوانگ و یون ارائه گردیده است و روش بسیار خوبی برای اولویت بندی بر اساس نزدیکی به جواب ایده آل است. اساس روش مذکور بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی شده باید کوتاه ترین فاصله را از جواب ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و دورترین فاصله را از جواب ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. از آنجا که مقادیر ارزیابی گزینهها در معیارها، تقریبی و غیرقطعی می باشد لذا روش تاپسیس بکار برده می شود. از محاسن این روش نسبت به سایر تکنیکهای اولویت بندی مکانی، می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- معیارهای کمی و کیفی را توأمأ در مبحث مکان یابی دخالت می دهد.
- خروجی آن می تواند ترتیب اولویت گزینه ها را مشخص و این اولویت را به صورت کمی بیان کند.
- تضاد و تطابق بین شاخص ها را در نظر می گیرد.
- روش کار ساده، و سرعت آن مناسب می باشد.
- ضرایب وزنی اولیه را پذیراست.
- نتایج حاصل از این مدل کاملاً منطبق با روش های تجربی است.

جواب وابسته به وزنی است که بوسیله تصمیم گیرنده به معیارها داده می شود رای ارزیابی گزینهها، استراتژیهای مشخص شده با توجه به اوزان بدست آمده در مراحل پیش برای شاخصها، توسط کارشناسان مورد بررسی قرار گرفته است.

قدم اول: تعیین اهمیت شاخص ها توسط کارشناسان حمل و نقل.

در این مرحله، اهمیت هر شاخص تعیین و بردار  $W$  براساس رابطه ۱ تشکیل می‌گردد.

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\} \quad (1)$$

از ضرب ماتریس ایجاد شده در مرحله قبل در ماتریس وزن شاخص ها  $W_{n \times n}$  بدست می‌آید.

$$V = N_D \cdot W_{n \times n} \quad (3)$$

قدم دوم: تبدیل ماتریس.

ماتریس تصمیم گیری موجود به یک ماتریس "بی مقیاس شده" با استفاده از رابطه ۲ تبدیل می‌گردد.

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m r_{ij}^2}} \quad (2)$$

ماتریسی که امتیازات شاخصها در آن بی مقیاس و قابل مقایسه شده است.

ماتریسی است قطری که فقط عناصر قطر اصلی آن غیر صفر خواهد بود.

قدم چهارم: تعیین حل ایده آل فزای و حل ضد ایده آل فزای. برای گزینه ایده آل مثبت ( $A^+$ ) و ایده آل منفی ( $A^-$ ) تعریف و براساس روابط ۴ و ۵ بدست می‌آیند.

قدم سوم: ایجاد ماتریس بی مقیاس وزین.

$$A^+ = \{(Max V_{ij} | j \in J), (Min V_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+\} \quad (4)$$

$$A^- = \{(Max V_{ij} | j \in J), (Min V_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-\} \quad (5)$$

به طوری که:

این مقدار با استفاده از رابطه ۸ محاسبه می‌شود.

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(a_{i+} + a_{i-})} ; 0 \leq cl_{i+} \leq 1 ; i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

$$J = \{j = 1, 2, \dots, n | \text{ سود به سود}\}$$

$$J' = \{j = 1, 2, \dots, n | \text{ هزینه به هزینه}\}$$

به عبارت ساده اگر شاخص سود بود ستون مربوطه را

ماکزیمم و اگر هزینه بود ستون مربوطه را مینیمم می‌کنیم.

قدم پنجم: محاسبه فاصله هر گزینه از حل ایده آل فزای و حل ضد ایده آل فزای.

فاصله گزینه با ایده آل مثبت ( $d_{i+}$ ) و ایده آل منفی ( $d_{i-}$ ).

با استفاده از روش اقلیدسی با استفاده از رابطه‌های ۶ و ۷ محاسبه می‌شود.

$$d_{i+} = \{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2\}^{0.5} ; i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

$$d_{i-} = \{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2\}^{0.5} ; i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

قاعدتا گزینه‌ای که کمترین فاصله را با حالت ایده آل خود و بیشترین فاصله را با حالت غیر ایده آل خود داشته باشد به عنوان بهترین گزینه انتخاب می‌گردد.

قدم ششم: محاسبه شاخص ضریب نزدیکی هر گزینه.

### ۳-۱- روش اجرا

به منظور انتخاب معیارهای مؤثر در اولویت بندی گزینه های حمل و نقل عمومی، پس از بررسی فهرستی از معیارهای تاثیرگذار که شامل ۱۶ معیار بود. فهرست اولیه شامل مجموعه‌ای از معیارهای مرتبط با استفاده کنندگان از گزینه‌های حمل و نقل عمومی و همچنین معیارهای مرتبط با مشخصه‌های وسیله نقلیه است. از آنجایی که انتخاب بهترین گزینه مستلزم توجه به مجموعه ای از معیارهای مؤثر است، به همین منظور برای تعیین فهرست نهایی معیارها، از نظر کارشناسان حمل و نقل استفاده شد و در نهایت با ادغام

معیارهای مشابه و حذف بعضی از معیارهای کم اثر، معیارهای ما به ۱۰ مورد کاهش یافت. از ۱۲ تن از کارشناسان و مدیران سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، برای تکمیل پرسشنامه‌ها دعوت به عمل آمد. یک روش عمومی برای اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی با مقیاس فاصله‌ای، استفاده از مقیاس دو قطبی فاصله‌ای مطابق با جدول ۱ می‌باشد. نمونه‌ای از پرسشنامه تکمیل شده توسط کارشناسان به شرح جدول ۲ می‌باشد. همچنین وزن هر یک از معیارها نیز بوسیله کارشناسان حمل و نقل با توجه به اهمیت آنها تعیین شدند.

### ۲-۳- یافته‌ها

اطلاعات جمع‌آوری شده از تکمیل پرسشنامه توسط کارشناسان حمل و نقل برای معیارها و گزینه‌ها، در معادلات وارد می‌شود و پس انجام تحلیل، نتایج بصورت شکل ۱ ارائه می‌گردد.

مطابق با شکل ۱، اطلاعات به دست آمده، جهت رتبه بندی ۸ گزینه مورد نظر در حمل و نقل براساس ۱۰ معیار ذکر شده انجام گرفت. که بر این اساس نتایج حاصل از این رتبه بندی بترتیب عبارتند از: مترو، BRT، اتوبوس، ون، تاکسی، دوچرخه، موتور و سواری شخصی.

### ۳-۳- بحث

هدف تحقیق حاضر بررسی و رتبه بندی مدهای مختلف حمل و نقل مسافری درون شهری به کمک روش تاپسیس است که با توجه به نتایج بدست آمده، مترو با اختلاف زیادی نسبت به سایر گزینه‌ها در اولویت قرار دارد. مترو از نظر هزینه با صرفه بوده و از ایمنی بسیاری برخوردار است، همچنین از لحاظ زمانی نیز بسیار مناسب و سریع است و از ظرفیت جابجایی زیادی برخوردار است. از طرفی به دلیل افزایش سطح آگاهی استفاده کنندگان، استفاده از مترو در سالهای اخیر در بین افراد مختلف جامعه افزایش یافته است.

نتایج نشان داد که BRT در رتبه دوم گزینه‌های حمل و نقل عمومی قرار دارد. با توجه به وجود خطوط ویژه رفت و آمد در تهران برای اتوبوس‌های BRT، این وسیله از لحاظ زمانی، ایمنی (میزان کم تصادفات) و کیفیت سفر (عدم وجود ترافیک) در سطح مناسبی از استاندارد قرار دارد. همچنین

استفاده از BRT در مقایسه با تاکسی و ون از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است.

همچنین از نتایج مشاهده شد که میزان هزینه و زمان سفر بیشترین سهم را در انتخاب مد حمل و نقل دارد، با توجه به این مورد مترو و BRT که از نظر هزینه در مقایسه با دیگر گزینه‌ها مقرون به صرفه هستند و از لحاظ زمانی نیز بسیار مناسب و سریع هستند. وزن بیشتری را به خود اختصاص داده و تاکسی که استفاده از آن نیاز به صرف هزینه بیشتر دارد در این رده بندی در رتبه پنجم قرار دارد. بنابراین نتایج به دست آمده از تحلیل‌ها مطابقت قابل ملاحظه‌ای را با یکدیگر نشان می‌دهد. دوچرخه نیز در این اولویت بندی در رده ششم قرار دارد. مزایای استفاده از دوچرخه سواری به عنوان یک سیستم حمل و نقل عمومی، موضوعی است که هم اکنون همه مدیران شهری را به چالش کشانده است. دوچرخه سواری علاوه بر آنکه برای استفاده کننده مزیت‌های فراوان دارد، برای سایر اقشار جامعه نیز که استفاده نمی‌کنند دارای فایده است. اصلی‌ترین شاخص در این موضوع را می‌توان به عدم ایجاد آلودگی زیست محیطی، ترافیک، فضا و هزینه تمام شده کم آن اشاره کرد [اسدالهی، حسن پور و باقری، ۱۳۹۰]. بهبود وضعیت دوچرخه سواری و تشویق به استفاده از آن به عنوان یک شیوه حمل و نقلی دوستدار محیط زیست به عنوان یکی از سیاست‌های مدیریت تقاضای حمل و نقل قابل طرح در شهر تهران مطرح گردیده است [عسگری طورزنی و حبیبیان، ۱۳۹۵]. ولی به دلیل نبود زیرساخت‌های مناسب، عدم تبلیغات و فرهنگ‌سازی در زمینه دوچرخه‌سواری و همچنین طی کردن مسافت‌های طولانی برای رسیدن به مقصد، استفاده از این گزینه در شهر تهران در حال حاضر، مناسب به نظر نمی‌رسد ولی در صورت وجود شرایط ذکر شده، دوچرخه می‌تواند نقش تایین کننده‌ای در توسعه پایدار شهر تهران داشته باشد.

این در حالی است که براساس داده‌های سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران در سال ۱۳۹۲ روزانه ۱۸ میلیون سفر در شهر تهران بوقوع پیوسته و سهم حمل و نقل عمومی ۱۰/۵ میلیون سفر یعنی حدود ۵۸/۲ درصد از کل سفرهای شهری تهران بوده یعنی همچنان ۴۱/۸ درصد از سفرها از طریق وسائط نقلیه شخصی و عمدتاً تک سرنشین انجام گرفته است (شکل ۲) و همچنانکه در شکل ۳ ملاحظه می‌شود ۶۷/۷ درصد بار ترافیکی تهران مربوط به این گروه از خودروها می‌باشد براساس

تحلیل داده های آماری فوق سهم هریک از گروههای تأثیرگذار در حمل و نقل و سفرهای درون شهری پایتخت مطابق با شکل ۲ عبارتند از مترو ۱۶/۴ درصد - اتوبوس ۲۰ درصد - انواع تاکسی ۲۱/۸ درصد و شخصی و سایر ۴۱/۸ درصد می باشد بنابراین درحالی که سهم مترو و اتوبوس در حمل و نقل شهری تهران جمعاً کمتر از ۳۷ درصد است، سهم تاکسی در تهران ۲۲ درصد و ۱۰ برابر نرم رایج شهرهای دنیا می باشد چرا که تاکسی در معادلات حمل و نقل درون شهری جزو وسائط نقلیه نیمه عمومی محسوب می شود و براساس قانون توسعه حمل و نقل عمومی باید سهم مترو به ۳۰ درصد و سهم اتوبوس و BRT به ۲۵ درصد افزایش پیدا کند [تشکری هاشمی، ۱۳۹۲].

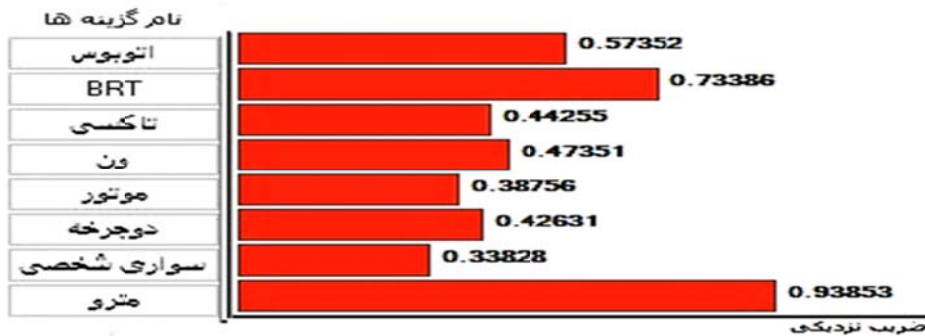
برای عدم استفاده از سیستم های همگانی نتایج نشان می دهد که اگرچه افراد عمدتاً به واسطه عامل راحتی، از سواری شخصی استفاده می کنند، موقعیت منزل و سن آنان هم نقش عمده ای در دیدگاه آن ها در مورد سیستم های همگانی دارد، به طوریکه ساکنین خارج از محدوده مرکزی شهر و افراد مسن، به واسطه نارضایتی از مجموعه ویژگی های سیستم های همگانی، از سواری شخصی استفاده می کنند. در تحلیل دقیق عوامل نارضایتی از سیستم های همگانی، نشان می دهد که دور بودن ایستگاه ها از منزل نقش مهمی در عدم استفاده افراد ساکن در محدوده خارج از مرکز شهر از سیستم های همگانی دارد [حبیبیان و کرمانشاه، ۱۳۹۵].

درجه اهمیت نسبی معیار	
۹	بسیار زیاد
۷	زیاد
۵	متوسط
۳	کم
۱	خیلی کم

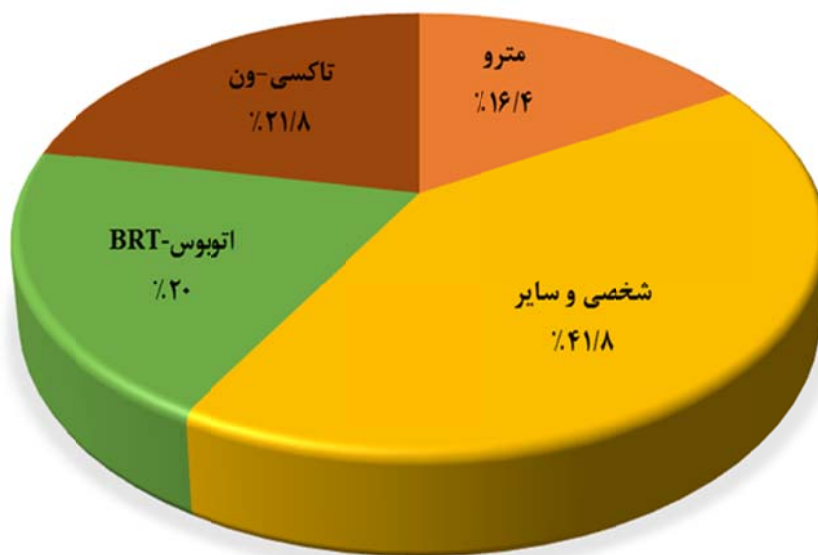
جدول ۱. مقیاس فاصله ای لیکرت

معیار گزینه	آلودگی زیست محیطی	ایمنی	رضایتمندی	دسترسی آسان	زمان سفر	بازدهی سرمایه	مصرف سوخت	هزینه سفر	کارایی در شرایط بد جوی	ظرفیت جایابی
اتوبوس	۵	۷	۷	۵	۷	۷	۵	۳	۵	۷
BRT	۳	۹	۹	۷	۵	۹	۳	۳	۷	۷
تاکسی	۷	۵	۷	۷	۵	۳	۷	۷	۷	۳
ون	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۷	۵	۵
موتور	۷	۱	۳	۷	۳	۱	۳	۹	۱	۱
دوچرخه	۱	۱	۱	۱	۹	۳	۱	۳	۱	۱
سواری شخصی	۹	۵	۵	۷	۵	۱	۹	۷	۷	۳
مترو	۱	۹	۹	۵	۱	۹	۱	۱	۹	۹
وزن کارشناسی ( $0 \leq W_i \leq 1$ ) $\sum_{i=1}^m W_i = 1$	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۱۱

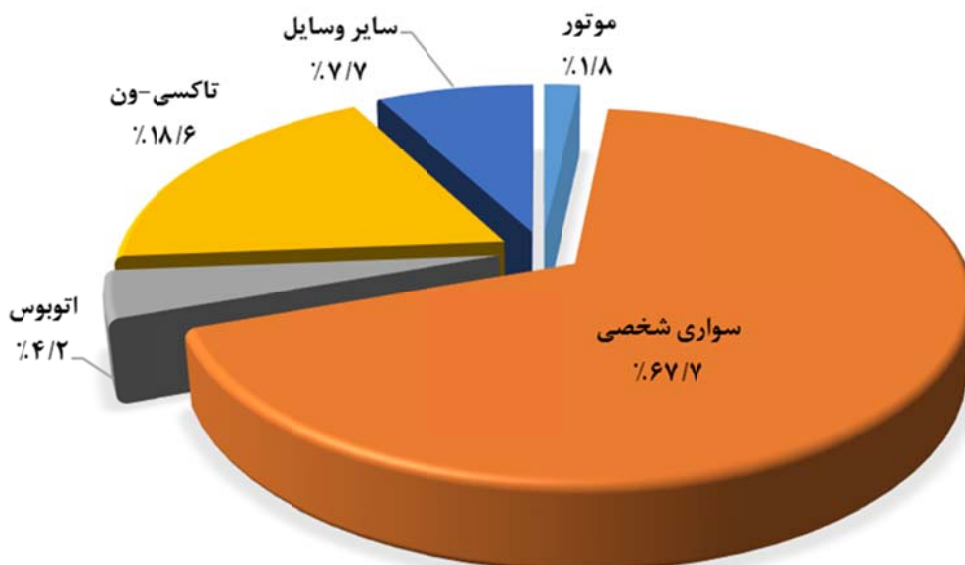
جدول ۲. نمونه ای از پرسشنامه تکمیل شده توسط کارشناسان حمل و نقل



شکل ۱. نتایج حاصل از تحلیل



شکل ۲. سهم وسائل نقلیه در جابجایی سفرهای روزانه شهر تهران



شکل ۳. سهم انواع وسائل نقلیه در تراکم ترافیک ساعت اوج شهر تهران

در خصوص تقلیل ترافیک مخصوصاً در زمان بارش باران و برف که تشدید هم می‌شود، می‌توان گفت که ترافیک مثل یک جریان سیال است یعنی دبی جریان برابر است با سطح مقطع ضرب در سرعت و زمانی که در اثر بارش سرعت خودروها در سطح خیابان کم می‌شود مستقیماً در خروجی جریان تأثیر گذاشته و ازدیاد حجم ترافیک را بدنبال دارد در حالی که مترو و خطوط ریلی به جهت عدم حضور در سطح خیابان ایجاد بار ترافیکی نمی‌کند و توسعه آن بهترین راهکار برای معضل ترافیکی کلان شهر پایتخت خصوصاً در ایام بارش می باشد دیدکم، لغزندگی، عجله برای رسیدن به مقصد، آبرگرفتگی معابر، عدم اطلاع رسانی ترافیک، عدم نصب GPS در خودروها، ایجاد نقص فنی خودروها، آلودگی و سمی بودن بارش که ناشی از هوای آلوده می باشد، افزایش تقاضای سواره رفتن و همچنین معضلات فرهنگی در بحث رانندگی و عدم تقدم حقوق عامه بر حق فردی از جمله دلایل مهم انسانی، فنی، اجتماعی و مدیریتی معضل ترافیک خصوصاً در مواقع خاص و ایام بارش می‌باشد.

در چنین شرایطی تغییر بخشی از سفرهای روزانه ازمد حمل و نقل شخصی به حمل و نقل عمومی راهکار است که لازمه آن اینست که ظرفیت حمل و نقل عمومی در شرایط عادی اشباع نباشد تا در شرایط غیرعادی نظیر بارندگی بتواند به تقاضای سافرازوده شده به نحو مناسب و مطلوبی پاسخ دهد.

دولت هر ساله به هر یک از مدهای مختلف حمل و نقل بودجه‌ای را اختصاص می‌دهد که قسمتی از آن به بخش عمرانی و قسمتی به هزینه‌های جاری مانند هزینه های نگهداری و تعمیرات اختصاص می‌یابد [اصفهانی پور و لسانی، ۱۳۹۰]. در این تحقیق بودجه اختصاص یافته به هر یک از مدهای حمل و نقل عمومی شهر تهران، در ۱۰ سال گذشته بررسی شده است. آمار به دست آمده و روند تغییر این آمار نشان می‌دهد که در تمامی سالها، بیشترین میزان اعتبار به مترو تخصیص داده شده است و این موضوع میزان اهمیت مترو را نسبت به سایر روشهای حمل و نقل عمومی نشان می‌دهد.

همچنین در تمامی سالها تاکسی کمترین اهمیت را در تخصیص بودجه داشته است.

#### ۴- نتیجه گیری

در این تحقیق از روش تاپسیس به منظور اولویت بندی روشهای حمل و نقل عمومی در شهر تهران استفاده شده است. به همین منظور از نظرات ۱۲ تن از کارشناسان و مدیران سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران برای ارزیابی ۸ گزینه بر اساس ۱۰ معیار استفاده شده است. اطلاعات اولیه در معادلات قرار داده شده و گزینه‌های مورد نظر اولویت بندی شدند. براساس نتایج حاصل از این مطالعه، اولویت های حمل و نقل عمومی در شهر تهران به ترتیب عبارتند از: مترو، BRT، اتوبوس، ون، تاکسی، دوچرخه، موتور و سواری شخصی.

این نتایج براساس ۱۰ معیار آلودگی زیست محیطی، ایمنی، رضایتمندی، دسترسی آسان، زمان سفر، بازدهی سرمایه، مصرف سوخت، هزینه سفر، کارایی در شرایط بد جوی و ظرفیت جابجایی که با نظر کارشناسان حمل و نقل انتخاب شدند به دست آمد و ممکن با تغییرات در معیارها یا کاهش و افزایش معیارها نتایج نیز تغییر نمایند. بنابراین تعداد، نوع و وزن معیارها تأثیر بسیار زیادی در نتایج دارند و مطالعه حاضر براساس این ۱۰ معیار صورت گرفته است.

بودجه اختصاص یافته به هر یک از مدهای حمل و نقل عمومی شهر تهران، در ۱۰ سال گذشته بررسی شده است. آمار به دست آمده و روند تغییر این آمار نشان می‌دهد که در تمامی سالها، بیشترین میزان اعتبار به مترو تخصیص داده شده است. بنابراین اولویت بندی به دست آمده از طریق استفاده از تکنیک تاپسیس با اولویت‌های سرمایه گذاری در مدهای مختلف حمل و نقل درون شهری که در سالهای گذشته صورت پذیرفته، یکسان است. همچنین مترو و خطوط ریلی به جهت عدم حضور در سطح خیابان، ایجاد بار ترافیکی نمی‌کند و توسعه آن بهترین راهکار برای معضل ترافیکی کلان شهر پایتخت خصوصاً در ایام بارش می باشد

بدون تردید اطلاعات از مهمترین ابزارهای تحلیل کارشناسی بوده و به هنگام بودن آن بصورت مستقیم در کیفیت و دقت تحلیل‌های مهندسی موثر خواهد بود و آمار و اطلاعات ترافیکی به عنوان مهمترین ابزار برنامه ریزی برای آینده و ارزیابی عملکرد گذشته یکی از عوامل اصلی تصمیم گیری در



مدیریت حمل و نقل درون شهری بوده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، متأسفانه علیرغم تلاشهای گسترده انجام گرفته یکی از موانع اصلی تحقیقات گسترده در حوزه حمل و نقل درون شهری پایتخت مشکل عدم دسترسی به آمار مستند و بروز شده از مراجع ذیصلاح می باشد.

## ۵- مراجع

- احدی، ح.ر.، قاسمی صاحبی، م. و ذاکری سرد رودی، ج.ع. (۱۳۹۲)، "اولویت بندی روشهای حمل و نقل عمومی در شهر تهران به منظور اصلاح نظام تخصیص بودجه"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل ۴ (۳).

- اسدالهی، ر.، حسن پور، ش.، و باقری، س. ر. (۱۳۹۰)، "بررسی نقش دوچرخه در برنامه ریزی سیستم های حمل و نقل درون شهری و ارائه راهکارهای افزایش مطلوبیت دوچرخه سواری"، اولین کنفرانس بین المللی دوچرخه شهری، تهران، ستاد مدیریت حمل و نقل و سوخت کشور.

- اصفهانی پور، الف. و لسانی، ت. (۱۳۹۰)، "تعیین سناریوی برتر حمل و نقل همگانی مسافر درون شهری با TOPSIS فازی"، پژوهشنامه حمل و نقل، شماره ۸ (۳)، ص. ۳۲۳-۳۴۲.

- تشکری هاشمی، س.ج. (۱۳۹۳)، "گزیده آمار و اطلاعات حمل و نقل شهری تهران"، معاونت و سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

- تندیس، م.، و رضایی، م.ر. (۱۳۹۲)، "برنامه ریزی راهبردی حمل و نقل پایدار شهری در کلانشهرهای ایران (مطالعه موردی: شهر مشهد)"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل ۵ (۱).

- حبیبیان، م.، دیاج، س. و رحمتی، ی. (۱۳۹۵)، "مدلی برای بررسی اثر سیاست های مدیریتی حمل و نقل بر سفرهای بلند

شهری با هدف کار (مطالعه موردی: شهر تهران)"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل ۸ (۳).

۷- حبیبیان، م.، و کرمانشاه، م. (۱۳۹۱)، "مدلسازی دلایل استفاده شهروندان از سواری شخصی در سفرهای کاری به محدوده مرکزی کلانشهر تهران"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل ۴ (۲).

- عسگری طورزنی، ع.، و حبیبیان، م. (۱۳۹۵)، "شناسایی سیاست های موثر بر سیستم اشتراک دوچرخه در شهر تهران"، فصلنامه مهندسی حمل و نقل ۴ (۳).

- Banciu, D. D. M. & Florea, M. C. G. (2009), "Decision support system based on MADM for urban transport management" Romanian Air Traffic Services Adm. ROMATSA, Bucharest, Romania, Vol. 2, May, pp. 128-130.

- Otto, S. (2010), "The psychology of transport choice" Institute for Ecological Economic Research (IOW), March, pp. 1-4.

-Tuzkaya, U.R. (2009), "Evaluating the environmental effects of transportation modes using an integrated methodology and an application", International Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 6, No. 2, January, pp. 277-290.

- Weihua, Z., Huapu, L., Zhijun, G. and Qiang, L.(2005) "Study on method evaluation Bus Rapid Transit (BRT) Scheme", Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 390- 403.

- Yavari, A., Javadian, A., Janmohammadi, M. and Pourheidari. S. (2011), "Assessment of effective transportation's attributes in crisis management's methods", 5th SASTech, Khavaran Higher-Education Institute, Mashhad, Iran.