

# ارزیابی کیفیت خدمات خطوط مترو در تهران با استفاده از یک روش ترکیبی بر مبنای مدل سروکوال و تکنیک تاپسیس فازی

## مقاله پژوهشی

سیده ناهید هاشمی، کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
 نسیم نهاوندی\*، دانشیار، مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

\*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [n\\_nahavandi@modares.ac.ir](mailto:n_nahavandi@modares.ac.ir)

دریافت: ۹۷/۰۸/۲۸ - پذیرش: ۹۸/۰۲/۰۴

صفحه ۸۶-۷۳

### چکیده

ارزیابی کیفیت خدمات سیستم حمل و نقل شهری برای بهبود بهره‌وری، افزایش سود و افزایش رضایت مشتریان امری حیاتی است. سازمان های حمل و نقل پارامترهای گوناگون مرتبط با کیفیت خدمات مانند کارایی، قابلیت اطمینان، امنیت و راحتی را به طور منظم ارزیابی می‌کنند، که این ارزیابی می‌تواند توسط مشتریان، کارکنان خدمات و متخصصین حمل و نقل انجام شود. با توجه به اینکه ارزیابی کیفیت خدمات ارائه شده به مسافران در خطوط مترو ایران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره کمتر مورد توجه قرار گرفته است، این مقاله تلاش دارد تا کیفیت خدمات ارائه شده توسط خطوط مترو در شهر تهران را با استفاده از یک روش ترکیبی بر مبنای پرسشنامه و تکنیک تاپسیس فازی مورد ارزیابی قرار دهد. روش انجام کار را می‌توان در دو مرحله در نظر گرفت. در مرحله اول استخراج پرسشنامه برای جمع‌آوری داده‌ها صورت گرفته است. با توجه به اینکه این داده‌ها به صورت ارزیابی زبانی به‌دست آمده‌اند، از روش فازی برای تبدیل مقیاس استفاده شده است. در مرحله دوم تکنیک تاپسیس فازی برای انتخاب بهترین گزینه مورد استفاده قرار می‌گیرد. رویکرد تاپسیس فازی یک امتیاز عملکرد کلی برای ارزیابی کیفیت خدمات گزینه‌ها بدست می‌آورد و در نهایت یک رتبه‌بندی از گزینه‌ها انجام می‌دهد. نتایج مطالعه حاکی از آن است که در بین چهار خط مترو در تهران، خط قرمز، که مسیر حرکت آن از تجریش به سوی کهریزک می‌باشد، بهترین و خط آبی، که از فرهنگسرا به سمت صادقیه حرکت می‌کند، پایین‌ترین کیفیت خدمات را، از دید مسافران ارائه می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی کیفیت خدمات حمل و نقل، مدل سروکوال، تصمیم‌گیری چند معیاره، تاپسیس فازی، متروی تهران

### ۱-مقدمه

بهره‌گیری از حمل و نقل عمومی است یکی از عوامل اساسی در رشد سطح کیفیت زندگی افراد در جوامع امروزی بی‌شک بهبود خدمات نقل و انتقالات عمومی است. بالا بردن کیفیت ارائه خدمات حمل و نقل نیازمند افزایش میزان هماهنگی در فرآیندها و همچنین برقرار ساختن امکانات دسترسی سریع تر و آسان‌تر افراد به این گونه خدمات است. ارزیابی کیفیت خدمات سیستم حمل و نقل برای بهبود بهره‌وری، افزایش سود و افزایش رضایت مشتریان امری حیاتی است. سازمان‌های

با گسترش روز افزون شهرها، امروزه حمل و نقل عمومی به عنوان یکی از ضروری‌ترین خدمات شهری و راهگشای بسیاری از مشکلات زندگی در شهر مانند ترافیک و آلودگی هوا می‌باشد. در حقیقت افزایش تعداد وسایط نقلیه و به دنبال آن افزایش سفرهای درون شهری و نیز عدم امکان توسعه و تعریض معابر، ترافیک‌های خیابانی را به همراه داشته و باعث اتلاف انرژی، وقت و همچنین آلودگی وسیع هوا شده است. بنابراین مطلوب‌ترین راه برون‌رفت از این معضل، توسعه و

مسئولیت‌پذیری، تضمین و همدلی می‌باشد [Parasuraman et al., 1985]. یکی از ابزارهای رایج که در ارزیابی کیفیت خدمات استفاده می‌شود SERVQUAL است. لاورنس و لو ابزار SERVQUAL را برای ارزیابی کیفیت خدمات سیستم ریلی برای مسافران در شهرهای ولینگتون و نیوزیلند استفاده کردند و با اضافه کردن سه بعد دیگر با عناوین راحتی، تسهیلات و برقراری ارتباط آن را بسط دادند [Lawrence and Lo, 2007]. فیک و ریچی از SERVQUAL برای ارزیابی کیفیت خدمات در سیستم توریسم و مسافرت استفاده کردند [Fick and Ritchie, 1991]. دسته دوم از این روش‌ها بر مبنای تجزیه و تحلیل آماری از داده‌های جمع‌آوری شده به منظور ارزیابی کیفیت خدمات است که شامل مدل‌های رگرسیونی، مدل‌های لجیت و مدل‌های معادلات ساختاری می‌باشد. مدل‌های رگرسیونی و لجیت برای مطالعه رابطه علت و معلول میان متغیر وابسته (کیفیت خدمات) و متغیرهای مستقل (ویژگی‌های یا معیارهای کیفیت خدمات مانند راحتی، قابلیت اطمینان و امنیت) استفاده می‌شود. در مدل‌های رگرسیونی فرض بر این است که بین متغیر وابسته و متغیر مستقل ارتباط وجود دارد در حالی که در مدل‌های لجیت عدم قطعیت وجود دارد. آگراوال در سال ۲۰۰۸ از تجزیه و تحلیل رگرسیونی برای تعیین تأثیر عوامل گوناگون روی رضایت مشتری از کیفیت خدمات استفاده کردند و نشان دادند که رفتار کارکنان بیشترین تأثیر را روی رضایت مشتریان در خطوط ریلی هند دارد [Agarwal, 2008]. سومین دسته از این روش‌ها شامل تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد که رایج‌ترین رویکردهای تصمیم‌گیری چند معیاره برای ارزیابی کیفیت خدمات در سیستم‌های حمل و نقل مبتنی بر روش‌های وزنی است. در تصمیم‌گیری چند معیاره، گزینه‌های موجود با توجه به معیارها که دارای وزن هستند بررسی می‌شوند و امتیاز عملکرد آن‌ها تعیین می‌شود و در نهایت گزینه‌ای با بیشترین امتیاز انتخاب می‌شود. یه، دنگ و چنگ در سال ۲۰۰۰ یک رویکرد تحلیل چندهدفه فازی را برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های اتوبوس‌رانی ارائه دادند [Yeh, Deng and Chang, 2000]. در سال ۲۰۰۸ نیز ناتانائیل یک چارچوب تصمیم‌گیری چندهدفه را برای ارزیابی کیفیت خدمات حمل و نقل برای مسافران در شبکه راه‌آهن یونان ارائه داد که معیارهای انتخاب شده آنها، صحت و دقت در برنامه سفر،

حمل و نقل پارامترهای گوناگون مرتبط با کیفیت خدمات مانند: کارایی، قابلیت اطمینان، امنیت و راحتی را به طور منظم ارزیابی می‌کنند. که این ارزیابی می‌تواند توسط مشتریان، پرسنل خدمات و متخصصین حمل و نقل انجام شود. هدف همه سازمان‌های حمل و نقل دستیابی به سطح بالای رضایت مشتریان با فراهم آوردن کیفیت بالای خدمات برای همه مشتریان است. شرکت‌ها در پی افزایش سهم بازار و به دنبال آن افزایش سود آوری هستند و از این رو دسترسی به خدماتی از قبیل رزرو و خرید بلیط، خدمات زمینی فرودگاه و خدمات پرواز را برای مشتریان فراهم می‌کنند. لذا به طور کلی می‌توان گفت که کیفیت خدمات سیستم حمل و نقل یک عامل کلیدی است که بر تمایل شهروندان به استفاده از حمل و نقل عمومی نسبت به خودروهای شخصی موثر است. هدف از انجام این تحقیق، بررسی رضایت شهروندان از کیفیت خدمات خطوط مترو در تهران و ارزیابی عملکرد این سیستم است که با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان این خطوط را رتبه‌بندی کرده و کیفیت خدمات آن‌ها را بهبود بخشید.

## ۲- پیشینه تحقیق

مسئله ارزیابی کیفیت خدمات سیستم حمل و نقل شهری توسط محققین زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. رویکردهای عمده‌ای که مورد استفاد این محققین بوده است را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد [Awasthi, et al., 2011].

- مصاحبه‌ها و پرسشنامه
- تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری شده
- تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

اولین دسته از این روش‌ها بر مبنای مصاحبه و پرسشنامه است که پاسخ دهندگان نظر خود را درباره معیارهای ارزیابی کیفیت خدمات بیان می‌کنند. پاراسورامن و همکاران چارچوبی را ارائه دادند که کیفیت خدمات را به عنوان یک میزان و درجه، جهت نشان دادن اختلاف بین آنچه مشتری انتظار دارد و آنچه دریافت می‌کند، تعریف می‌کند. این مدل بعداً توسط نویسندگان توسعه یافت و به عنوان SERVQUAL شناخته شد که بر مبنای ۲۲ معیار (ویژگی) برای ارزیابی پنج بعد کیفیت خدمات به نام‌های عوامل محسوس، قابلیت اطمینان،

افزایش تعداد وسایل آسیب دیده با نرخ کاهشی افزایش می‌یابد، در صورتی که زمان‌بندی دقیق پروازها تأثیر قابل توجهی بر شکایات مشتریان ندارد. علاوه بر این بخش‌های خصوصی (غیر دولتی) در مقابل بخش دولتی تعداد شکایات بیشتری دریافت می‌کنند و همچنین تعداد شکایات در تعطیلات تابستان افزایش می‌یابد [Chow, 2014]. روحانی و همکاران در سال ۲۰۱۲ به نقش مهمی که حمل و نقل عمومی در برآورده کردن تقاضا برای کسب و کار و زندگی اجتماعی مردم دارد اشاره کردند و نوع خدمات اتوبوس و کیفیت خدمات در اپراتورهای اتوبوسرانی که بر تصمیم مسافران تأثیرگذار است را مورد بررسی قرار دادند. آنها همچنین نقش شرکت‌های اتوبوس‌رانی و رانندگان اتوبوس را به عنوان یک عامل در نظر گرفتند و نشان دادند که حفظ استانداردهای بالای کیفیت در ارائه خدمات و عملکرد شرکت‌های اتوبوس‌رانی برای تشویق مردم به استفاده از حمل و نقل عمومی از اهمیت بالایی برخوردار است [Rohani et al., 2012].

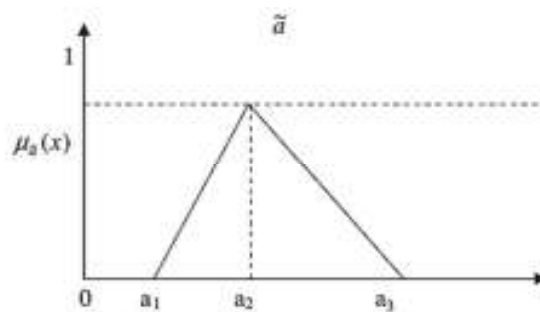
al., سوکی در سال ۲۰۱۴، اثر جنبه‌های کیفیت خدمات هواپیمایی مانند عوامل محسوس در خطوط هوایی، عوامل محسوس در ترمینال‌ها و تأثیر همدلی بر سطح رضایت مشتریان را مورد مطالعه قرار داد. او همچنین رابطه بین این سطح از رضایت و برداشت کلی از کیفیت خدمات را مورد بررسی قرار داد و از طریق مدل معادلات ساختاری نشان داد که ارتباط میان سطح رضایت مشتریان و کیفیت خدمات خطوط هوایی مقدار بار عامل یک را دارد و رضایت مشتریان به طور گسترده‌ای تحت تأثیر همدلی قرار می‌گیرد [Suki, 2014]. آنچه از مطالعه ادبیات موضوع برمی‌آید بیانگر این مسئله است که ارزیابی کیفیت خدمات ارائه شده در خطوط مترو تهران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مورد توجه قرار نگرفته است. لذا در این پژوهش تلاش شده است که کیفیت خدمات ارائه شده در خطوط مترو تهران (خط قرمز، آبی، سبز و زرد) با استفاده از پرسشنامه و تکنیک تاپسیس فازی مورد ارزیابی قرار گیرد. شایان ذکر است که داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از نوع کیفی بوده که از طریق پرسشنامه استخراج شده‌اند، لذا با بکارگیری تکنیک فازی، که برای مدل کردن ابهام و عدم قطعیت ناشی از فقدان اطلاعات کمی در فرآیند تصمیم‌گیری استفاده می‌شود، تبدیل مقیاس صورت گرفته و داده‌های کیفی به کمی تبدیل شده‌اند.

سیستم ایمنی، تمیزی، راحتی مسافران، اطلاعات مسافران و خدمات و تعمیرات بود [Nathanail, 2008]. در سال بعد یعنی سال ۲۰۰۹، ابولی و موزولا شاخصی برای ارزیابی کیفیت خدمات حمل و نقل بر مبنای نظر مشتریان ارائه دادند [Eboli and Mazzulla, 2009]. لیو و همکاران در سال ۲۰۱۳، بهبود کیفیت خطوط ارتباطی میان مترو و فرودگاه را برای توسعه صنعت توریسم مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور از رویکرد ترکیبی مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از جمله دیمتل و DANP و ویکور استفاده کردند [Liu et al., 2013]. در سال ۲۰۱۴ نیز لیو و همکاران بهبود کیفیت حمل و نقل عمومی را بر مبنای اطلاعات فازی به منظور جذب افراد برای استفاده بیشتر از حمل و نقل عمومی نسبت به خودروهای شخصی در نظر گرفتند. نویسندگان در این مقاله اثرات متقابل بین معیارهای مختلف را در نظر گرفتند و نشان دادند که مدل آنها قابلیت اجرا در دنیای واقعی را دارد و بدین منظور سیستم اتوبوس‌رانی شهر تایپه را به عنوان مطالعه موردی در نظر گرفتند [Liou et al., 2014]. تورلاک و همکاران روش تاپسیس فازی را در صنعت هواپیمایی داخلی کشور ترکیه مورد استفاده قرار داده و یک رتبه‌بندی از حمل و نقل هوایی این کشور به همراه متغیرهای کلیدی موفقیت در این صنعت ارائه دادند [Torlak et al., 2011]. کو نیز در سال ۲۰۱۱، یک روش مؤثر بر اساس ترکیب تکنیک‌های GRA و ویکور و نظریه مجموعه‌های فازی برای ارزیابی کیفیت خدمات از نظر مسافران در خطوط هوایی چین با استفاده از پرسشنامه ارائه داد و نشان داد که شرکت‌های هواپیمایی با شناسایی نقاط قوت و ضعف خود در ارائه خدمات به مشتریان، می‌توانند کیفیت ارائه خدمات را بهبود بخشند [Kuo, 2011]. کلیک و همکاران در سال ۲۰۱۳، مسائل و مشکلات مشتریان حمل و نقل عمومی را در استانبول مورد بررسی قرار دادند و سطح رضایت آن‌ها را با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری ارزیابی کردند. آن‌ها یک رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره فازی نوع دو بر مبنای تکنیک تاپسیس و GRA برای ارزیابی و بهبود سطح رضایت مسافران در بخش حمل و نقل عمومی استانبول ارائه دادند [Celik et al., 2013]. در سال ۲۰۱۴، چو ارتباط میان رضایت مشتریان، که توسط تعداد شکایات آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود، و کیفیت خدمات در خطوط هوایی چین را مورد مطالعه قرار داد و نشان داد که تعداد شکایات مشتریان با

تئوری مجموعه‌های کلاسیک، عضویت اعضا در یک مجموعه به صورت جملات صفر و یک بر اساس شرط دودوئی تعیین می‌شوند که یک عضو یا به مجموعه تعلق دارد یا ندارد. در حالی که در تئوری فازی درجات نسبی عضویت اعضا در مجموعه مجاز است. نظریه فازی در ابتدا با توجه به این فرضیه بنیادی پیشنهاد شد که عضو اصلی در فکر و اندیشه انسان، متغیرهای زبانی (مجموعه فازی) هستند نه اعداد حقیقی. نظریه فازی یک روش مناسب برای به تصویر کشیدن و ارزیابی مدیریت انسانی در مسائل مبهم، غیرقطعی و هدفمند است که می‌تواند به وسیله‌ی اعداد فازی سه‌گانه بیان شوند.

تابع عضویت یک مجموعه فازی، تعمیم یافته تابع مشخصه در مجموعه‌های کلاسیک است. توابع عضویت مثلثی به دلیل راحتی در محاسبات بیشتر از توابع انواع دیگر توابع عضویت مورد استفاده قرار می‌گیرند. عدد فازی مثلثی: عدد فازی مثلثی یک مجموعه فازی است (شکل ۱) که توسط سه‌تایی  $\vec{a} = (a_1, a_2, a_3)$  نشان داده می‌شود. تابع عضویت این عدد فازی مثلثی به صورت زیر نشان داده می‌شود. (رابطه ۱).

$$\mu_{\vec{a}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1} a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2} a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (1)$$



شکل ۱. عدد فازی مثلثی  $\vec{a}$

یعنی  $\mu_{\vec{a}}(x)=0$  را می‌دهد. در واقع ثابت‌های  $a_1$  و  $a_3$  حدود پایین و بالا برای ناحیه موجه در ارزیابی هستند.

### ۳-۲- تاپسیس فازی

ادامه این تحقیق به این شرح می‌باشد: در بخش ۳ شرح مختصری از تئوری فازی و روش تاپسیس فازی ارائه می‌شود. در بخش ۴ ارزیابی کیفیت خدمات در خطوط مترو شهر تهران مورد ارزیابی قرار گرفته و در نهایت بخش ۵ به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاد برای مطالعات آینده می‌پردازد.

### ۳. مقدمه‌ای بر نظریه مجموعه فازی و تکنیک تاپسیس فازی

با توجه به اینکه در پژوهش حاضر از رویکرد تاپسیس فازی استفاده شده است، در این بخش شرح مختصری از نظریه فازی و روش تاپسیس فازی ارائه می‌شود.

### ۳-۱- نظریه فازی

تئوری فازی توسط اولین بار توسط پروفیسور زاده در سال ۱۹۶۵ ارائه شده است [Zadeh, 1965]. از تئوری فازی می‌توان برای حالات شک و فازی در شرایط واقعی استفاده کرد. مجموعه فازی بر اساس تابع عضویت تعریف می‌شود. هر یک از اعضا درجه عضویت دارند. مجموعه فازی از تعمیم و عمومیت دادن تئوری مجموعه‌های کلاسیک ایجاد شد. در

که در این رابطه اعداد حقیقی هستند و  $a_1 < a_2 < a_3$  مقدار  $x$  در  $a_2$  بیشترین مقدار تابع عضویت یعنی  $\mu_{\vec{a}}(x)=1$  و در  $a_1$  کمترین مقدار تابع عضویت

کلاسیک برای حل این گونه مسائل، توسعه الگوریتم تاپسیس در محیط فازی مورد توجه دانشمندان قرار گرفت. [Salimifard and Jouibar, 2001] نخستین بار این الگوریتم توسط چن و هوانگ در سال ۱۹۹۲ بر اساس متغیرهای زبانی و عدد فازی مثلثی معرفی شد [Chen and Hwang, 1992]. تاپسیس فازی روشی متفاوت از روش تاپسیس دارد، در این حالت عناصر ماتریس تصمیم‌گیری یا وزن معیارها و یا هر دو آن‌ها توسط متغیرهای زبانی که توسط اعداد فازی ارائه شده‌اند، ارزیابی شده و بدین ترتیب بر مشکلات روش تاپسیس کلاسیک غلبه شده است.

تاپسیس یکی از تکنیک‌های رایج تصمیم‌گیری چند شاخصه است که  $m$  گزینه را با توجه به  $n$  معیار، رتبه‌بندی می‌کند. مبنای این روش، انتخاب گزینه‌ای است که کم‌ترین فاصله را از جواب ایده‌آل مطلوب و بیشترین فاصله را از جواب ایده‌آل نامطلوب دارد [Ataei, 2010]. در دنیای واقعی، به دلیل مبهم بودن اطلاعات و عدم اطمینان کافی در تصمیم‌گیری، استفاده از الگوریتم تاپسیس کلاسیک ناکارآمد می‌باشد. در واقع در تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان نمی‌توان ارزیابی تصمیم‌گیرندگان را با یک عدد کلاسیک نشان داد. این از آن‌روست که افراد دارای دیدگاه‌های گوناگون بوده و ارزیابی آن‌ها مبهم می‌باشد. به دلیل ناکارآمدی الگوریتم‌های تاپسیس

#### ۴- ارزیابی کیفیت خدمات در خطوط مترو شهر تهران

خط در حال حاضر به طور کامل راه‌اندازی نشده و لذا در این مطالعه در نظر گرفته نشده است.

۴- خط چهار به طول ۲۱ کیلومتر با ۱۷ ایستگاه از ایستگاه شهید کلاه‌دوز واقع در انتهای خیابان پیروزی بزرگراه اسب‌دوانی تا ایستگاه اکباتان (ارم سبز)

۵- خط پنج (خط برون شهری) به طول ۴۲ کیلومتر با ۱۱ ایستگاه از ایستگاه تهران (صادقیه) واقع در ضلع جنوب غربی فلکه دوم صادقیه تا ایستگاه گلشهر واقع در مهرشهر کرج.

با توجه به اینکه خط سه هنوز به صورت کامل برنامه‌ریزی و احداث نشده و فقط چند ایستگاه کوتاه را می‌پیماید از وجود آن صرف‌نظر می‌شود و ۴ خط دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. یعنی در واقع این پژوهش خط‌های یک (خط قرمز) دو (خط آبی) چهار (خط زرد) و پنج (خط سبز) را به عنوان گزینه‌ها (آلترناتیوها) در نظر می‌گیرد. نقشه خطوط مترو در شهر تهران در شکل ۱ قابل مشاهده است.

متروی تهران با طول شبکه ۱۵۲ کیلومتر رتبه ۲۱ را در بین قطارهای شهری کشورهای جهان دارد. و طبق آمار منتشر شده توسط معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، تعداد سفرهای صورت گرفته توسط متروی تهران در سال ۱۳۹۱ به بیش از ۶۳۳ میلیون سفر و از ابتدای راه‌اندازی تا پایان سال ۹۲ به ۵ میلیارد سفر رسیده است. تا اوایل سال ۱۳۹۴ متروی تهران با چهار خط درون شهری و یک خط برون شهری به شرح ذیل در حال سرویس‌دهی می‌باشد.

۱- خط یک به طول ۳۹ کیلومتر با ۲۹ ایستگاه از ایستگاه تجریش واقع در ابتدای خیابان شریعتی تا ایستگاه کهریزک واقع در ضلع جنوب شرقی بهشت زهرا:

۲- خط دو به طول ۲۴ کیلومتر با ۲۲ ایستگاه از ایستگاه فرهنگسرا واقع در خیابان جشنواره جنب فرهنگسرای اشراق تا ایستگاه تهران (صادقیه) واقع در ضلع جنوب غربی فلکه دوم صادقیه.

۳- بخش میانی و جنوبی خط سه به طول ۱۹ کیلومتر با ۶ ایستگاه از شهید بهشتی تا ایستگاه آزادگان. این



شکل ۲. خطوط و ایستگاه‌های مترو فعال در تهران

بوده و از ۱۶ تا ۴۵ سال سن داشتند. معیارهایی که برای ارزیابی این خطوط مورد استفاده قرار گرفته‌اند در جدول ۱ آمده است. و گزینه‌ها خطوط A۲ (خط قرمز)، A۱ (خط آبی)، A۳ (خط زرد) و A۴ (خط سبز) می‌باشد. پس از اینکه نتایج نظر سنجی و داده‌های حاصل از پرسشنامه به فرم اعداد فازی مثلی تبدیل شد، از رویکرد تاپسیس فازی برای انتخاب بهترین خط استفاده می‌شود.

#### ۴-۲- ارزیابی متغیرهای زبانی از طریق اعداد فازی مثلی

متغیرهایی که مقادیرشان عبارات کیفی هستند، متغیرهای زبانی نامیده می‌شوند. مقادیر متغیرهای زبانی عدد نیستند؛ آن‌ها عبارات، جملات و اصطلاحات کیفی هستند. در این مقاله برای ارزیابی گزینه‌ها و معیارهای کیفیت خدمات از متغیرهای زبانی استفاده شده است و با استفاده از روش فازی این متغیرها به اعداد فازی مثلی تبدیل شده‌اند. برای این منظور از مقیاس ۱-۹ برای ارزیابی زبانی معیارها و گزینه‌ها استفاده شده است. متغیرهای زبانی مورد استفاده برای ارزیابی گزینه‌ها و تعیین وزن معیارها و نیز اعداد فازی مثلی اختصاص داده شده به آن‌ها به ترتیب در جدول ۲ و جدول ۳ آمده است.

لازم به ذکر است که شروع ساعت کاری قطارها از ۵:۳۰ صبح بوده و اتمام ساعت کاری ۱۰:۳۰ شب می‌باشد. همچنین قیمت بلیط تک‌سفره ۶۰۰۰ ریال و دو سفره ۱۰۰۰۰ ریال می‌باشد که در صورتی که از بلیط‌های اعتباری استفاده شود این هزینه کاهش می‌یابد.

#### ۴-۱- تعیین معیارهای ارزیابی کیفیت خدمات و استخراج پرسشنامه برای جمع‌آوری داده‌ها

این بخش شامل ارائه پرسشنامه بر مبنای SERVQUAL برای اندازه‌گیری معیارهای کیفیت خدمات است. پرسشنامه طراحی شده شامل ۵ بعد تحت عناوین: عوامل ملموس، قابلیت اطمینان، پاسخگویی، تضمین و همدلی است که هر کدام از این ابعاد دارای معیارهایی هستند که در مجموع شامل ۱۲ معیار می‌باشد. برای مثال عوامل ملموس خود شامل زیر معیارهای تجهیزات، پرسنل می‌باشد. لازم به ذکر است که معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی کیفیت خدمات از مقاله [Awasthi, et al., 2011] گرفته شده که روایی آن‌ها به تأیید رسیده است. تعداد سوالات پرسشنامه برابر تعداد معیارهای مورد ارزیابی یعنی ۱۲ عدد می‌باشد و ۴۰ پرسشنامه جمع‌آوری گردید. این پرسشنامه‌ها میان مسافران در خطوط مختلف توزیع شده که همه پرسشنامه‌ها به‌طور کامل پر شدند و نرخ بازگشت آن ۱۰۰٪ بوده است. در میان پاسخ‌دهندگان ۳۵٪ مرد و ۶۵٪ زن

جدول ۱. معیارهای ارزیابی کیفیت خدمات حمل و نقل [Awasthi, et al., 2011]

شماره معیار	نوع معیار	معیار	ابعاد
C1	مثبت	خدمات کارکنان در جهت پاسخگویی به درخواست مشتریان	مسئولیت پذیری
C2	مثبت	دسترسی به کارکنان مترو در مواقع نیاز	
C3	مثبت	زمان رسیدن مترو با توجه به برنامه زمانی	قابلیت اعتماد
C4	منفی	هزینه بلیط مترو در خطوط	
C5	مثبت	مدت زمان منتظر ماندن برای مترو قبل از حرکت	
C6	مثبت	امنیت در ایستگاه‌های مترو (در ایستگاه‌ها نه در داخل قطار)	
C7	مثبت	امنیت مسافران در داخل واگن‌ها	
C8	مثبت	استفاده از تجهیزات مدرن در مترو (قطارهای جدید، اعلام برنامه زمان‌بندی روزانه، نمایشگرها و...)	عوامل محسوس
C9	مثبت	نظافت ایستگاه‌ها در خطوط مترو	
C10	مثبت	امکانات در داخل ایستگاه‌های خطوط (مانند دستشویی، فروشگاه، تلفن عمومی و...)	
C11	مثبت	پیروی از استاندارد کیفیت (فضای نشستن، فضای ایستادن، سیستم سرمایشی و گرمایشی و...) در خطوط	تضمین
C12	مثبت	درک نیازهای مسافران و همدلی با آن‌ها از طرف	همدلی

جدول ۳. عبارت های زبانی برای ارزیابی گزینه ها [Awasthi, et al., 2011]

عبارت زبانی	تابع عضویت فازی
خیلی ضعیف	(۱ و ۳)
ضعیف	(۱ و ۳ و ۵)
متوسط	(۳ و ۵ و ۷)
خوب	(۵ و ۷ و ۹)
خیلی خوب	(۷ و ۹ و ۹)

جدول ۲. عبارت های زبانی برای ارزیابی اهمیت معیارها [Awasthi, et al., 2011]

عبارت زبانی	تابع عضویت فازی
خیلی کم	(۱ و ۳)
کم	(۱ و ۳ و ۵)
متوسط	(۳ و ۵ و ۷)
زیاد	(۵ و ۷ و ۹)
خیلی زیاد	(۷ و ۹ و ۹)

(خط زرد) و A4 (خط سبز) و معیارها به شرح جدول ۱ می باشد. مراحل کار به شرح زیر است:  
**مرحله ۱: تشکیل ماتریس تصمیم**  
 با توجه تعداد معیارها، تعداد گزینه‌ها و ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می‌شود.

۳-۴- ارزیابی گزینه‌ها و انتخاب گزینه با بهترین عملکرد با استفاده از رویکرد تاپسیس فازی  
 در این قسمت از تکنیک تاپسیس فازی برای ارزیابی گزینه‌های موجود استفاده می‌شود و در نهایت رتبه‌بندی گزینه‌ها انجام و گزینه با بهترین عملکرد مشخص خواهد شد. چنانچه قبلاً گفته شد گزینه‌ها عبارتند از: A2 (خط قرمز)، A1 (خط آبی)، A3

$$\tilde{D} = \begin{matrix} A_1 & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_2 & \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ A_3 & \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_m & \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{matrix}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

از آنجایی که در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است، لذا عملکرد گزینه  $i$  ( $i=1,2,\dots,m$ ) در رابطه با معیار  $j$  ( $j=1,2,\dots,n$ ) با  $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  نشان داده می‌شود. اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای  $k$  عضو باشد و رتبه‌بندی فازی  $k$  امین تصمیم‌گیرنده  $(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  (عدد فازی مثلثی) به ازای  $i=1,2,\dots,m$  و  $j=1,2,\dots,n$  باشد، با توجه به معیارها رتبه‌بندی فازی ترکیبی  $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  گزینه‌ها را می‌توان بر اساس روابط زیر به دست آورد:

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ijk}\}$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^k b_{ijk}}{k} \quad (3)$$

$$c_{ij} = \max_k \{c_{ijk}\}$$

با استفاده از معادلات ذکر شده، ماتریس تصمیم فازی را بدست می‌آوریم که در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴. ماتریس تصمیم فازی

معیارها	گزینه‌ها				
	A1	A2	A3	A4	Cj*
C1	(۱و۵/۴و۹)	(۱و۵/۴و۹)	(۱و۶/۲و۹)	(۱و۵و۹)	۹
C2	(۱و۵و۹)	(۱و۵/۸و۹)	(۱و۵و۸و۹)	(۱و۵و۹)	۹
C3	(۱و۴/۴و۹)	(۱و۵و۶و۹)	(۱و۵و۴و۹)	(۱و۴/۴و۹)	۹
C4	(۳و۵/۸و۹)	(۱و۵و۲و۹)	(۳و۶/۲و۹)	(۱و۵و۴و۹)	۱
C5	(۱و۳/۸و۹)	(۱و۵و۶و۹)	(۱و۵و۹)	(۱و۵و۹)	۹
C6	(۱و۴/۸و۹)	(۱و۴و۴و۹)	(۱و۴و۸و۹)	(۱و۵و۴و۹)	۹
C7	(۱و۴و۴و۹)	(۱و۴و۸و۹)	(۱و۳و۸و۹)	(۱و۴و۸و۹)	۹
C8	(۱و۴و۹)	(۳و۶و۴و۹)	(۱و۴و۲و۹)	(۱و۴و۶و۹)	۹
C9	(۱و۵و۴و۹)	(۳و۶و۸و۹)	(۱و۵و۸و۹)	(۳و۶و۴و۹)	۹
C10	(۱و۵و۹)	(۱و۵و۶و۹)	(۱و۴و۶و۹)	(۱و۴و۶و۹)	۹
C11	(۱و۴و۴و۹)	(۱و۶و۲و۹)	(۱و۴و۴و۹)	(۱و۴و۶و۹)	۹
C12	(۱و۵و۴و۹)	(۱و۶و۲و۹)	(۱و۵و۲و۹)	(۱و۴و۴و۸)	۹

مرحله ۲: تعیین ماتریس وزن معیارها

در این مرحله ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (4)$$

که هر یک از مؤلفه‌های  $\tilde{w}_j$  (وزن هر معیار) به صورت  $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$  تعریف می‌شود.

اگر کمیته تصمیم‌گیرنده دارای  $k$  عضو باشد و ضریب اهمیت  $k$  امین تصمیم‌گیرنده  $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$  به ازای  $j=1,2,\dots,n$  باشد،

رتبه‌بندی فازی ترکیبی  $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$  را می‌توان از روابط زیر به دست آورد:

$$\begin{aligned} w_{j1} &= \min_k \{w_{jk1}\} \\ w_{j2} &= \frac{\sum_{k=1}^k w_{jk2}}{k} \\ w_{j3} &= \max_k \{c_{jk3}\} \end{aligned} \quad (5)$$

با استفاده از روابط بالا وزن معیارها بر مبنای داده‌هایی که از طریق پرسشنامه جمع آوری شده‌اند محاسبه می‌شود (جدول ۵).

جدول ۵. وزن فازی معیارها

معیارها	وزن فازی
C1	(۱۵/۸ و ۹)
C2	(۱۶/۶ و ۹)
C3	(۱۷/۲ و ۹)
C4	(۱ و ۶ و ۹)
C5	(۱۷/۴ و ۹)
C6	(۵ و ۸/۴ و ۹)
C7	(۵ و ۸/۶ و ۹)
C8	(۳ و ۶/۸ و ۹)
C9	(۱ و ۶ و ۹)
C10	(۱۵ و ۸ و ۹)
C11	(۱ و ۶/۲ و ۹)
C12	(۱ و ۶ و ۹)

### مرحله ۳: نرمال سازی ماتریس تصمیم فازی

در مرحله بعد باید این اعداد بی‌مقیاس سازی شوند. زمانی که  $X_{ij}$  ها به صورت فازی هستند مسلماً  $\tilde{T}_{ij}$  نیز فازی خواهند بود. برای بی‌مقیاس کردن به جای محاسبات پیچیده در روش تاپسیس کلاسیک، در این مرحله از تغییر مقیاس خطی برای تبدیل مقیاس معیارهای مختلف به مقیاس قابل مقایسه استفاده می‌شود. برای اعداد فازی به اگر صورت مثلثی باشند، درایه‌های ماتریس تصمیم بی‌مقیاس برای معیارهای مثبت و منفی به ترتیب از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^-} \right) \quad (6)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_i^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \quad \text{معیارهای منفی} \quad (6)$$

که در این روابط:

$$c_j^* = \max_i c_{ij} \quad , \quad a_j^- = \min_i a_{ij} \quad (8)$$

ماتریس تصمیم فازی بی‌مقیاس شده ( $\tilde{R}$ ) را می‌توان به صورت زیر بدست آمده است:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

جدول ۶. ماتریس تصمیم فازی نرمال شده

معیارها	گزینه‌ها			
	A <sup>۱</sup>	A <sup>۲</sup>	A <sup>۳</sup>	A <sup>۴</sup>
C <sup>۱</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۶۰ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۶۰ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۶۹ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۶ و ۱/۰۰)
C <sup>۲</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۶۰ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۶۴ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۶۴ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۶ و ۱/۰۰)
C <sup>۳</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۴۹ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۶۲ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۶۰ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۴۹ و ۱/۰۰)
C <sup>۴</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۱۷ و ۰/۳۳)	(۰/۱۱ و ۰/۱۹ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۱۶ و ۰/۳۳)	(۰/۱۱ و ۰/۱۹ و ۱/۰۰)
C <sup>۵</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۴۲ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۶۲ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۶ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۶ و ۱/۰۰)
C <sup>۶</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۵۳ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۴۹ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۳ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۶۰ و ۱/۰۰)
C <sup>۷</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۴۹ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۳ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۴۲ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۳ و ۱/۰۰)
C <sup>۸</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۴۴ و ۱/۰۰)	(۰/۳۳ و ۰/۷۱ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۴۷ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۱ و ۱/۰۰)
C <sup>۹</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۶۰ و ۱/۰۰)	(۰/۳۳ و ۰/۷۶ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۶۴ و ۱/۰۰)	(۰/۳۳ و ۰/۷۱ و ۱/۰۰)
C <sup>۱۰</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۵۶ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۶۲ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۱ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۱ و ۱/۰۰)
C <sup>۱۱</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۴۹ و ۰/۷۸)	(۰/۱۱ و ۰/۶۹ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۴۹ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۱ و ۱/۰۰)
C <sup>۱۲</sup>	(۰/۱۱ و ۰/۶۰ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۶۹ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۵۸ و ۱/۰۰)	(۰/۱۱ و ۰/۴۹ و ۰/۸۹)

مرحله ۴: تعیین ماتریس تصمیم فازی بی‌مقیاس وزن‌دار

به توجه به وزن معیارهای مختلف، ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار از ضرب کردن ضریب اهمیت مربوط به هر معیار در ماتریس بی‌مقیاس شده فازی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j \quad (8)$$

که  $\tilde{w}_j$  بیان‌کننده ضریب اهمیت معیار  $C_j$  می‌باشد. بنابراین ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار به صورت زیر خواهد بود که این ماتریس در واقع از ضرب کردن ضریب اهمیت مربوط به هر معیار در ماتریس بی‌مقیاس شده فازی به دست می‌آید:

جدول ۷. ماتریس تصمیم فازی نرمال شده وزن دار

معیارها	گزینه ها				FNIS (A <sup>-</sup> )	FPIS (A <sup>*</sup> )
	A <sup>۱</sup>	A <sup>۲</sup>	A <sup>۳</sup>	A <sup>۴</sup>		
C <sup>۱</sup>	(۰/۱۱۳/۴۸و۹/۰۰)	(۰/۱۱۳/۴۸و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۴/۰۰و۹/۰۰)	(۰/۱۱۳/۲۲و۹/۰۰)	۰/۱۱	۹
C <sup>۲</sup>	(۰/۱۱۳/۶۷و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۴/۲۵و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۴/۲۵و۹/۰۰)	(۰/۱۱۳/۶۷و۹/۰۰)	۰/۱۱	۹
C <sup>۳</sup>	(۰/۱۱۳/۵۲و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۴/۴۸و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۴/۳۲و۹/۰۰)	(۰/۱۱۳/۵۲و۹/۰۰)	۰/۱۱	۹
C <sup>۴</sup>	(۰/۱۱و۱/۰۳و۳/۰۰)	(۰/۱۱و۱/۱۵و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۰/۹۷و۲/۹۷)	(۰/۱۱و۱/۱۱و۹/۰۰)	۰/۱۱	۹
C <sup>۵</sup>	(۰/۱۱۳/۱۲و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۴/۶۰و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۴/۱۱و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۴/۱۱و۹/۰۰)	۰/۱۱	۹
C <sup>۶</sup>	(۰/۵۶و۴/۴۸و۹/۰۰)	(۰/۵۶و۴/۱۱و۹/۰۰)	(۰/۵۶و۴/۴۸و۹/۰۰)	(۰/۵۶و۵/۰۴و۹/۰۰)	۰/۵۶	۹
C <sup>۷</sup>	(۰/۵۶و۴/۲۰و۹/۰۰)	(۰/۵۶و۴/۵۹و۹/۰۰)	(۰/۵۶و۳/۶۳و۹/۰۰)	(۰/۵۶و۴/۵۹و۹/۰۰)	۰/۵۶	۹
C <sup>۸</sup>	(۰/۳۳و۳/۰۲و۹/۰۰)	(۱/۰۰و۴/۸۴و۹/۰۰)	(۰/۳۳و۳/۱۷و۹/۰۰)	(۰/۳۳و۳/۴۸و۹/۰۰)	۰/۳۳	۹
C <sup>۹</sup>	(۰/۱۱۳/۶۰و۹/۰۰)	(۰/۳۳و۴/۵۳و۹/۰۰)	(۰/۱۱۳/۸۷و۹/۰۰)	(۰/۳۳و۴/۲۷و۹/۰۰)	۰/۱۱	۹
C <sup>۱۰</sup>	(۰/۱۱۳/۲۲و۹/۰۰)	(۰/۱۱۳/۶۱و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۲/۹۶و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۲/۹۶و۹/۰۰)	۰/۱۱	۹
C <sup>۱۱</sup>	(۰/۱۱۳/۰۳و۷/۰۰)	(۰/۱۱و۴/۲۷و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۲/۰۳و۹/۰۰)	(۰/۱۱۳/۱۷و۹/۰۰)	۰/۱۱	۹
C <sup>۱۲</sup>	(۰/۱۱۳/۶۰و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۴/۱۳و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۳/۴۷و۹/۰۰)	(۰/۱۱و۲/۹۳و۹/۰۰)	۰/۱۱	۹

مرحله ۵: یافتن حل ایده آل فازی (FPIS, A\*) و حل ضد ایده آل فازی (FNIS, A-)

حل ایده آل فازی و حل ضد ایده آل فازی به ترتیب به صورت زیر تعریف می شوند:

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

که  $\tilde{v}_i^*$  بهترین مقدار معیار  $i$  از بین تمام گزینه ها و  $\tilde{v}_i^-$  بدترین مقدار معیار  $i$  از بین تمام گزینه ها می باشد. این مقادیر از روابط زیر به دست می آیند:

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{ \tilde{v}_{ij3} \} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

$$\tilde{v}_j^- = \min_i \{ \tilde{v}_{ij1} \} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

گزینه هایی که در  $A^*$  و  $A^-$  قرار می گیرند به ترتیب نشان دهنده گزینه های کاملاً بهتر و کاملاً بدتر هستند که این مقادیر در دو ستون آخر جدول ۷ آمده است.

مرحله ۶: محاسبه فاصله از حل ایده آل و حل ضد ایده آل

فاصله هر گزینه از حل ایده آل و حل ضد ایده آل فازی به ترتیب با استفاده از روابط زیر بدست می آید.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (14)$$

که در آن  $d_i^-$  فاصله گزینه (آلترناتیو)  $i$  از حل ضد ایده آل و  $d_i^*$  فاصله گزینه  $i$  از حل ایده آل می باشد. و برای محاسبه آن به این صورت

عمل می شود که اگر  $(a_1, b_1, c_1)$  و  $(a_2, b_2, c_2)$  دو عدد فازی مثلثی باشد، فاصله بین دو عدد برابر است با رابطه:

$$d_v(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (15)$$

شایان ذکر است که  $d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$  و  $d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*)$  اعداد قطعی هستند.

جدول ۹. فاصله از حل ایده آل و حل ضد ایده آل

معیارها	dv(Ai,A-)				dv(Ai,A*)			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
C1	۵/۴۸۹	۵/۴۸۹	۵/۶۰۱	۵/۴۳۸	۶/۰۴۱	۶/۰۴۱	۵/۸۸۹	۶/۱۲۱
C2	۵/۵۲۸	۵/۶۶۳	۵/۶۶۳	۵/۵۲۸	۵/۹۸۵	۵/۸۱۸	۵/۸۱۸	۵/۹۸۵
C3	۵/۴۹۷	۵/۷۱۹	۵/۶۷۹	۵/۴۹۷	۶/۰۲۹	۵/۷۵۷	۵/۸۰۰	۶/۰۲۹
C4	۱/۷۵۲	۵/۱۶۸	۱/۷۲۴	۵/۱۶۵	۷/۷۱۳	۶/۸۴۶	۷/۷۴۴	۶/۸۶۲
C5	۵/۴۲۰	۵/۷۵۱	۵/۶۲۹	۵/۶۲۹	۶/۱۵۲	۵/۷۲۵	۵/۸۵۷	۵/۸۵۷
C6	۵/۳۷۳	۵/۲۸۶	۵/۳۷۳	۵/۵۱۷	۵/۵۳۰	۵/۶۳۵	۵/۵۳۰	۵/۳۸۵
C7	۵/۳۰۸	۵/۳۹۹	۵/۱۸۵	۵/۳۹۹	۵/۶۰۷	۵/۵۰۱	۵/۷۷۷	۵/۵۰۱
C8	۵/۲۴۱	۵/۶۵۴	۵/۲۶۸	۵/۳۲۵	۶/۰۷۹	۵/۲۰۷	۶/۰۲۹	۵/۹۳۴
C9	۵/۵۱۴	۵/۷۳۴	۵/۵۷۲	۵/۶۶۷	۶/۰۰۵	۵/۶۲۹	۵/۹۲۶	۵/۷۰۱
C10	۵/۴۳۸	۵/۵۱۶	۵/۳۹۱	۵/۳۹۱	۶/۱۲۱	۶/۰۰۲	۶/۲۰۳	۶/۲۰۳
C11	۴/۳۲۱	۵/۶۶۷	۵/۴۰۳	۵/۴۲۸	۶/۲۸۹	۵/۸۱۳	۶/۱۸۲	۶/۱۳۸
C12	۵/۵۱۴	۵/۶۳۴	۵/۴۸۶	۴/۸۳۸	۶/۰۰۵	۵/۸۵۱	۶/۰۴۵	۶/۲۴۰

مرحله ۷. محاسبه شاخص شباهت

شاخص شباهت برای هر آلترناتیو از رابطه زیر محاسبه می شود و همزمان نشان دهنده فاصله آلترناتیو از راه حل ایده آل و راه حل ضد ایده آل است.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*} \quad (16)$$

جدول ۱۰. شاخص شباهت آلترناتیوها

	گزینه ها			
	A1	A2	A3	A4
d-	۶۰/۳۹	۶۶/۶۸	۶۱/۹۷	۶۴/۸۲
d*	۷۳/۵۵	۶۹/۸۳	۷۲/۸۰	۷۱/۹۶
cci	۰/۴۵۱	۰/۴۸۸	۰/۴۶۰	۰/۴۷۴

مرحله ۸: رتبه بندی گزینه ها

که گزینه A2 (خط قرمز که مسیر آن از تجریش به سوی کهریزک است) به عنوان بهترین خط، سپس گزینه A4 (خط سبز که از صادقیه به سوی کرج است) به عنوان گزینه دوم با بهترین کیفیت خدمات و پس از آن گزینه A3 (خط زرد که از

در این مرحله با توجه به میزان شاخص شباهت، گزینه ها رتبه بندی می شوند به طوری که گزینه های با شاخص شباهت بیشتر در اولویت قرار دارند. با مقایسه مقادیر CCI برای چهار گزینه که خطوط مترو در شهر تهران هستند مشخص می شود

نتایج حاصل از ۴۰ پرسشنامه به عنوان بهترین خط انتخاب می‌شود. اولویت برتری خطوط را می‌توان به صورت زیر نیز نشان داد:

خط آبی > خط زرد > خط سبز > خط قرمز

این خط عموماً قدیمی و فاقد تجهیزات کافی هستند، یکی از راه‌های بهبود کیفیت خدمات در این خط خرید متروهای جدید با تجهیزات مدرن از جمله صفحه نمایشگر ایستگاه‌ها، سیستم تهویه مناسب، ارائه برنامه زمان‌بندی حرکت به صورت روزانه می‌باشد. همچنین از نظر مسافران در ایستگاه‌های این خط امنیت کافی وجود ندارد که توصیه می‌شود که مسئولان از مأموران امنیتی بیشتری در این ایستگاه‌ها استفاده کنند و یا از سیستم دوربین مدار بسته پیشرفته استفاده شود.

#### ۷- مراجع

غضنفری، م. (۱۳۸۹)، "نظریه مجموعه‌های فازی"، دانشگاه علم و صنعت ایران.

عطایی، م. (۱۳۸۹)، "تصمیم‌گیری چند معیاره فازی"، دانشگاه صنعتی شاهرود.

-Awasthi, A., Chauhan, S. S., Omrani, H., and Panahi, A. (2011), "A hybrid approach based on SERVQUAL and fuzzy TOPSIS for evaluating transportation service quality". *Computers & Industrial Engineering*, 61(3), pp. 637-646.

-Celik, E., Bilisik, O. N., Erdogan, M., Gumus, A. T., and Baracli, H. (2013), "An integrated novel interval type-2 fuzzy MCDM method to improve customer satisfaction in public transportation for Istanbul", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 58, pp. 28-51.

-Chow, C. K. W. (2014). "Customer satisfaction and service quality in the Chinese airline industry", *Journal of Air Transport Management*, 35, pp. 102-107.

-Eboli, L., and Mazzulla, G. (2009), "A new customer satisfaction index for evaluating transit service quality", *Journal of Public Transportation*, Vol. 12, NO. 3, pp. 21-37.

شهید کلاه‌دوز به سمت اکباتان می‌باشد) و در نهایت گزینه A1 (خط آبی که از فرهنگسرا به سوی صادقیه می‌باشد) به عنوان گزینه‌های بعدی انتخاب می‌شوند. و بنابراین خط قرمز (خط ۱) که از تجریش به سمت کهریزک می‌باشد با توجه به

#### ۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله تلاش شد تا کیفیت خدمات ارائه شده توسط خطوط مترو در شهر تهران با استفاده از یک روش ترکیبی بر مبنای پرسشنامه و تکنیک تاپسیس فازی مورد ارزیابی قرار گیرد. روش انجام کار را می‌توان در دو مرحله در نظر گرفت. در مرحله اول استخراج و توزیع پرسشنامه برای جمع‌آوری داده‌ها صورت گرفته است. این پرسشنامه‌ها میان مسافران در خطوط مختلف مترو توزیع شد و داده‌های حاصل از آن‌ها جمع‌آوری گردید. با توجه به اینکه این داده‌ها به صورت ارزیابی زبانی به دست آمده بودند، از روش فازی برای تبدیل مقیاس استفاده شد. در مرحله دوم تکنیک تاپسیس فازی برای انتخاب بهترین گزینه مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق گزینه‌ها شامل ۴ خط مترو (خط قرمز، خط آبی، خط زرد و خط سبز) در شهر تهران می‌باشد که با استفاده از روش تاپسیس فازی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از این مطالعه بیانگر آن است که خط قرمز (آلترناتیو A2) بهترین کیفیت ارائه خدمات را دارد و خطوط سبز و زرد و آبی به ترتیب در اولویت‌های بعد قرار می‌گیرند. لازم به ذکر است که مسیر حرکت خط قرمز (بهترین خط) از تجریش به سمت کهریزک می‌باشد و خط آبی (بدترین خط) از فرهنگسرا به سوی صادقیه حرکت می‌کند. با توجه به این مسئله که ارزیابی کیفیت خدمات در سیستم حمل و نقل شهری در ایران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره زیاد مورد توجه قرار نگرفته، امید است که نتایج به دست آمده بتواند از این پژوهش زمینه‌ای برای مطالعات آتی قرار گیرد. همچنین می‌توان از روش ارائه شده برای ارزیابی کیفیت خدمات در بخش‌های دیگر حمل و نقل مانند خطوط هوایی کشور، حمل و نقل شهری (اتوبوس، BRT و تاکسی) استفاده کرد. همان‌گونه که نتایج این مقاله نشان داد خط مترو آبی، که مسیر حرکت آن از فرهنگسرا به سوی صادقیه می‌باشد، نسبت به سایر خطوط مورد بررسی، عملکرد ضعیف‌تری از لحاظ کیفیت ارائه خدمات از دیدگاه مسافران دارد. از این رو توصیه می‌شود که مسئولان این خط را بیشتر مورد توجه قرار دهند و کیفیت خدمات آن را بهبود بخشند. با توجه به اینکه متروهای

- Shi, Y., & Yang, X. (2013), "The public transportation system of high quality in Taiwan.", In *Autonomous Decentralized Systems (ISADS)*, 2013 IEEE Eleventh International Symposium on pp. 1-6. IEEE.
- Suki, N. M. (2014), "Passenger satisfaction with airline service quality in Malaysia: "A structural equation modeling approach", *Research in Transportation Business & Management*, 10, pp. 26-32.
- Torlak, G., Sevkli, M., Sanal, M., & Zaim, S. (2011), "Analyzing business competition by using fuzzy TOPSIS method: An example of Turkish domestic airline industry." *Expert Systems with Applications*, Vol.38, No.4, pp. 3396-3406.
- Tsaour, S. H., Chang, T. Y., and Yen, C. H. (2002), "The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM". *Tourism management*, Vol. 23, No.2, pp. 107-115.
- Yeh, C. H., Deng, H., & Chang, Y. H. (2000), "Fuzzy multicriteria analysis for performance evaluation of bus companies", *European Journal of Operational Research*, Vol. 126, NO. 3, pp. 459-473.
- Zadeh, L. A. (1965), nxZ. "Information and Control", 8, pp.338-353.
- Fick, G. R., & Ritchie, J. B. (1991), "Measuring service quality in the travel and tourism industry", *Journal of Travel Research*, Vol. 30, NO.2, pp. 2-9.
- Kuo, M. S. (2011), "A novel interval-valued fuzzy MCDM method for improving airlines' service quality in Chinese cross-strait airlines". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 47, No.6, pp. 1177-1193.
- Liou, J. J., Hsu, C. C., & Chen, Y. S. (2014). "Improving transportation service quality based on information fusion." *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 67, pp. 225-239.
- Liu, C. H., Tzeng, G. H., Lee, M. H., & Lee, P. Y. (2013), "Improving metro-airport connection service for tourism development: Using hybrid MCDM models". *Tourism Management Perspectives*, 6, pp. 95-107.
- Liu, C. H., Tzeng, G. H., Lee, M. H., and Lee, P. Y. (2013), "Improving metro-airport connection service for tourism development: Using hybrid MCDM models" *Tourism Management Perspectives*, 6, pp. 95-107.
- Munzilah, M. R., Wijeyesekera, D. C., and Ahmad Tarmizi, A. K. (2012), "Bus operation, quality service and the role of bus provider and driver".
- Nathanail, E. (2008), "Measuring the quality of service for passengers on the hellenic railways". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 42, No.1, pp. 48-66.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., and Berry, L. L. (1994), "Alternative scales for measuring service quality: a comparative assessment based on psychometric and diagnostic criteria". *Journal of retailing*, Vol. 70, No.3, pp. 201-230.