

## مدل سنجش پایداری حمل و نقل شهری با رویکرد عدم قطعیت (مطالعه موردی: شهر تهران)

### مقاله علمی - پژوهشی

امیرحسین تقوی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
\* امیرعباس شجاعی (نویسنده مسئول)، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

کاوه خلیلی دامغانی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
حمید توحیدی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

\* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: [A\\_Shojaie@azad.ac.ir](mailto:A_Shojaie@azad.ac.ir)

دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۰۶ - پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۲

صفحه ۲۵۸-۲۴۷

### چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارائه مدل برای ارزیابی پایداری حمل و نقل عمومی شهری در تهران با در نظر گرفتن شرایط عدم قطعیت انجام شده است. این مطالعه از روش تئوری داده بنیاد و تصمیم‌گیری چند معیاره بهره گرفته و داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای *MAXQDA* و *MATLAB* تحلیل شده است. جامعه آماری اولیه شامل ۱۰ نفر از مدیران، معاونان و کارشناسان شاغل در حوزه حمل و نقل عمومی و جامعه آماری ثانویه شامل ۵۰ نفر از اساتید مجرب دانشگاه در حوزه حمل و نقل بودند که با روش هدفمند برگزیده شدند. در فرآیند پژوهش، ابتدا ۹۶ عامل شناسایی شد که پس از تجزیه، تحلیل و اولویت‌بندی، به ۱۰ عامل کلیدی در قالب چهار دسته اصلی "زیرساخت‌ها و توسعه پایدار"، "مدیریت، سیاست‌گذاری و نوآوری"، "خدمات و کیفیت" و "فرهنگ‌سازی، امنیت و مشارکت اجتماعی" دسته‌بندی شدند. نتایج تحلیل نشان داد که "زیرساخت‌های حمل و نقل پایدار" (وزن نسبی ۰/۴۱۲) و "مدیریت و سیاست‌گذاری" (وزن نسبی ۰/۳۸۹) و "فرهنگ‌سازی و آموزش شهروندی" (وزن نسبی ۰/۳۶۱) بیشترین تأثیر و در نقطه مقابل، "توسعه حمل و نقل غیرموتوری" (وزن نسبی ۰/۲۲۶)، "امنیت و سلامت در حمل و نقل" (وزن نسبی ۰/۲۱۸) و "جذب سرمایه‌گذاری پایدار" (وزن نسبی ۰/۲۰۳) کمترین تأثیر را بر پایداری حمل و نقل عمومی در تهران دارند. همچنین "بهبود کیفیت خدمات و تجهیزات"، "بهبود تسهیلات شهری"، "پایداری زیست‌محیطی" و "استفاده از فناوری و نوآوری" در رده‌های بعدی اولویت‌بندی قرار گرفتند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که دستیابی به سیستم حمل و نقل عمومی پایدار مستلزم تمرکز بر مدیریت و سیاست‌گذاری مؤثر، توسعه زیرساخت‌های کارآمد و ارتقای کیفیت خدمات است.

واژه‌های کلیدی: پایداری، حمل و نقل شهری، شرایط عدم قطعیت، توسعه زیرساخت و مدیریت و نوآوری

### ۱- مقدمه

امکان‌پذیر است. حمل و نقل پایدار شهری به معنای حرکت روان و بهینه وسایل نقلیه، مردم و کالاها است که ضمن تسهیل آسایش شهروندان، با کمترین هزینه، مصرف انرژی و اثرات منفی بر محیط زیست همراه باشد (Haghshenas & Vaziri, )

حمل و نقل یکی از عوامل اساسی توسعه شهری به شمار می‌رود که نقشی حیاتی در جابجایی مردم و کالاها و تحقق بهره‌وری مؤثر در مناطق شهری ایفا می‌کند. تحقق این بهره‌وری تنها با پاسخگویی به نیازهای جابجایی به شیوه‌ای کارآمد و پایدار

## ۲- پیشینه تحقیق

با توجه به اینکه شهر تهران نیز با چالش‌های پیچیده‌ای نظیر تراکم جمعیت و شرایط عدم قطعیت مواجه است، برنامه‌ریزی برای حمل و نقل پایدار باید به نحوی باشد که انعطاف‌پذیری و کارآمدی در شرایط مختلف حفظ شود. علاوه بر این، استفاده از فناوری‌های نوین و سیاست‌گذاری‌های هدفمند در این زمینه، می‌تواند پایداری سیستم حمل و نقل را تضمین کرده و تأثیرات مثبتی بر کیفیت زندگی شهری داشته باشد. هدف از این نوع حمل و نقل، ایجاد سیستمی است که در عین پاسخگویی به نیازهای فعلی جامعه، توانایی حفظ منابع و پاسخگویی به نیازهای نسل‌های آینده را نیز داشته باشد.

برای تدوین و اجرای برنامه‌های مؤثر در حوزه حمل و نقل پایدار، ارزیابی دقیق وضعیت پایداری یا ناپایداری سیستم‌های موجود یا برنامه‌ریزی شده، ضروری است. تجربه‌های بین‌المللی نشان داده است که انجام این ارزیابی‌ها به منظور شناسایی نقاط قوت و ضعف سیستم‌های حمل و نقل، نقشی اساسی در طراحی و اجرای برنامه‌های بهینه دارد. این ارزیابی‌ها، که در بسیاری از کشورهای پیشرفته با استفاده از مدل‌ها و شاخص‌های استاندارد انجام شده است، راهکاری برای ایجاد سیستم‌های کارآمد و پایدار ارائه می‌دهند. با این حال، در کشور ما، مطالعات انجام شده در زمینه حمل و نقل پایدار عمدتاً به بررسی‌های توصیفی و کیفی محدود شده‌اند. این نوع مطالعات اگرچه اطلاعات اولیه و دیدگاه‌های مفیدی ارائه می‌دهند اما فاقد توانایی لازم برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های کلان و سیاست‌گذاری‌های عملیاتی هستند. برای رفع این محدودیت، لازم است از روش‌های جامع‌تر و مبتنی بر داده‌های کمی و کیفی استاندارد استفاده شود که قدرت تحلیل و ارائه راه‌حل‌های عملیاتی را افزایش دهند. ویژگی‌های بومی و منطقه‌ای نیز یکی دیگر از چالش‌های مهم در برنامه‌ریزی حمل و نقل پایدار است. سیاست‌های حمل و نقل، به دلیل تفاوت در زمینه‌های اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و سیاسی، از شهری به شهر دیگر و از کشوری به کشور دیگر تغییر می‌کنند. این تنوع در الگوهای سفر و نیازهای محلی، به‌ویژه در کلان‌شهرهایی مانند تهران، نیازمند طراحی و تدوین شاخص‌های بومی برای سنجش و ارزیابی پایداری حمل و نقل است.

رویکردهای سنتی برنامه‌ریزی، به‌ویژه در مواجهه با آشفتگی و عدم قطعیت در محیط، اغلب فاقد انعطاف‌پذیری لازم بوده و توانایی پاسخگویی به شرایط پیچیده و متغیر را ندارند. این

(2012). این حوزه به عنوان یکی از عناصر کلیدی توسعه، نقشی ویژه در دستیابی به توسعه پایدار شهری دارد. به همین دلیل، مفهوم "حمل و نقل پایدار" شکل گرفته است که نمایانگر مجموعه‌ای از سیاست‌ها و رویکردهای خرد و کلان است. این سیاست‌ها، با هدف ایجاد توازن میان نیازهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی، می‌توانند بستر مناسبی برای توسعه‌ای متکی بر اصول پایداری فراهم آورند (Shanmugam et al. 2019). با توجه به مشکلات ناشی از حمل و نقل در شهرهای بزرگ نظیر افزایش ترافیک، آلودگی هوا و افزایش مصرف انرژی، کارشناسان بر اهمیت طراحی و اجرای الگوهای پایدار حمل و نقل شهری تأکید دارند. این الگوها می‌توانند چشم‌اندازی از شهری سالم، آرام و دارای حمل و نقل سریع، ایمن و کارآمد برای تمام شهروندان ایجاد کنند (Babaei et al. 2022).

در چنین الگویی، توسعه حمل و نقل به گونه‌ای برنامه‌ریزی می‌شود که حتی با وجود افزایش جمعیت، گسترش شهرها و توسعه فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی، سیستم حمل و نقل بتواند به نحو مطلوبی نیازهای جابجایی مسافران و کالاها را برآورده سازد و پایداری خود را حفظ کند (Hasan Pour & Minaie, 2020). در واقع، حمل و نقل پایدار به معنای یافتن مؤثرترین، کم‌هزینه‌ترین و راحت‌ترین شیوه جابجایی مردم و وسایل نقلیه است که ضمن کاهش مصرف انرژی (سوخت و تلاش انسانی)، از ایجاد ترافیک و تأثیرات مخرب زیست‌محیطی مانند آلودگی هوا و صدا جلوگیری کند (Eskandari Sani et al., 2019).

سیستم‌های حمل و نقل پایدار شرایطی را فراهم می‌کنند که تمامی اقشار جامعه بتوانند به فرصت‌های اقتصادی و اجتماعی برابر برای یک زندگی معنادار دسترسی داشته باشند. این سیستم‌ها از طریق تأمین دسترسی آسان، ایمن و به‌صرفه به خدمات حمل و نقل، به تقویت انسجام اجتماعی و ایجاد عدالت در توزیع منابع کمک می‌کنند. در مقابل، بی‌توجهی به پایداری در توسعه سیستم‌های حمل و نقل و گسترش بی‌رویه آن‌ها بدون در نظر گرفتن ابعاد زیست‌محیطی، انسانی و اقتصادی، نه تنها مشکلات موجود مانند ترافیک، آلودگی و نابرابری را تشدید می‌کند، بلکه در بلندمدت می‌تواند به بروز فاجعه‌های انسانی و زیست‌محیطی منجر شود (Zhao et al. 2020).

زیست و قابل اجرا باشد. امروزه، عوامل مرتبط با حمل و نقل به‌ویژه در حوزه شهری، از آلوده‌کننده‌ترین عناصر زیست‌محیطی به‌شمار می‌روند. انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش مصرف منابع تجدیدناپذیر و تخریب اکوسیستم‌ها از جمله اثرات منفی این سیستم‌ها هستند. در چنین شرایطی، حرکت به سمت سیستم‌های حمل و نقل عمومی کارآمد که با کاهش وابستگی به خودروهای شخصی، می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای را محدود کند و مصرف منابع تجدیدناپذیر مانند سوخت‌های فسیلی را به حداقل برساند و همچنین استفاده بهینه از منابع تجدیدپذیر، بازیافت آن‌ها و کاهش تولید ضایعات جذب‌ناپذیر یکی از راه‌حل‌ها برای کاهش بحران‌های زیست‌محیطی و شهری محسوب می‌شود (Kumar et al., 2024).

### ۳-۳- پایداری اجتماعی

با آغاز مباحث مرتبط با پایداری در حوزه شهرسازی از دهه ۱۹۶۰، هر سه بعد به تدریج توسعه و گسترش یافته‌اند. با این حال، در میان این ابعاد، به پایداری اجتماعی کمتر توجه شده و هنوز مدل جامع و فراگیری که ابعاد و عناصر سازنده آن را به‌طور کامل تشریح کند، ارائه نشده است (Khazaei, 2018).

پایداری اجتماعی در حوزه حمل و نقل و شهرسازی از طریق مجموعه‌ای از اقدامات و سیاست‌ها محقق می‌شود که دسترسی عادلانه به خدمات حمل و نقل عمومی را برای همه اقشار جامعه، از جمله کودکان، سالمندان و گروه‌های آسیب‌پذیر، تضمین کند. دسترسی عادلانه نه تنها یکی از ارکان عدالت اجتماعی است، بلکه به ارتقای تعاملات اجتماعی و انسجام جامعه نیز کمک می‌کند. همچنین، حمایت از طرح‌های پیاده‌مداری نقشی کلیدی در ایجاد محیط‌های شهری پایدار و سرزنده ایفا کند. این اقدامات، سلامت جسمی و روانی شهروندان را نیز بهبود می‌بخشد و مشارکت اجتماعی آنان را افزایش می‌دهد (Pietrzak, 2020).

### ۳-۴- پایداری اقتصادی

پایداری اقتصادی شامل اطمینان از توسعه و استفاده بهینه از منابع مالی و زیرساخت‌های فیزیکی برای ایجاد محیط‌های پایدار و کارآمد است. این مفهوم بر هماهنگی بین رشد اقتصادی و حفظ محیط زیست فیزیکی تأکید دارد و تلاش می‌کند تا منابع به گونه‌ای مدیریت شوند که برای نسل‌های آینده نیز قابل دسترس و مفید باشند. در این راستا، توسعه زیرساخت‌های مقاوم،

رویکردها که بر پیش‌بینی‌های قطعی و فرضیات ثابت استوار هستند، در محیط‌هایی با تغییرات سریع و غیرقابل پیش‌بینی، کارایی خود را از دست می‌دهند. در شرایطی که آینده تا حد زیادی قابل پیش‌بینی است، می‌توان از ابزارها و روش‌های متعارف برای طراحی استراتژی و برنامه‌ریزی استفاده کرد. اما هنگامی که محیط با عدم قطعیت‌های گسترده مواجه باشد، این ابزارها ناکارآمد و غیرقابل اعتماد می‌شوند.

در این راستا، پژوهش حاضر با تمرکز بر شرایط عدم قطعیت حوزه حمل و نقل شهری، از رویکردهای کیفی برای طراحی و ارائه مدلی برای سنجش پایداری حمل و نقل شهری بهره برده است. این مدل، بر اساس اصول انعطاف‌پذیری و تحلیل مستمر، ابزاری را ارائه می‌دهد که می‌تواند به تصمیم‌گیران کمک کند تا سیستم‌های حمل و نقل را در شرایط پیچیده و ناپایدار، به شیوه‌ای پایدار و کارآمد مدیریت کنند.

### ۳- چارچوب نظری

#### ۳-۱- ابعاد شاخص‌های حمل و نقل پایدار

در زمینه پایداری حمل و نقل، سه جنبه اصلی مطرح است شامل محیطی، اجتماعی و اقتصادی. جنبه زیست‌محیطی به کاهش اثرات منفی بر طبیعت و کاهش آلودگی‌ها تمرکز دارد. جنبه اجتماعی شامل دسترسی عادلانه به خدمات حمل و نقل و ارتقای کیفیت زندگی شهروندان می‌شود. جنبه اقتصادی نیز به استفاده بهینه از منابع مالی و ایجاد بسترهای پایدار برای توسعه اقتصادی می‌پردازد. توسعه پایدار تلاش دارد تا توازن میان این سه جنبه برقرار کند و به تعادلی پویا میان کیفیت محیطی، رفاه اجتماعی و کارایی اقتصادی دست یابد (Mavlutova et al., 2023). با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان عملکرد سیستم حمل و نقل را در طول زمان ارزیابی کرده و نقاط قوت و ضعف آن را شناسایی نمود (Babaei et al, 2022). این شاخص‌ها امکان مقایسه‌ی عملکردهای مختلف و همچنین پایش پیشرفت برنامه‌های پایداری را فراهم می‌آورند (Heidarpour & Jaber, 2021).

#### ۳-۲- پایداری زیست‌محیطی

طبق تعریف سازمان توسعه و همکاری اقتصادی در سال ۱۹۹۸، حمل و نقل پایدار به سیستمی اطلاق می‌شود که ضمن فراهم آوردن نیازهای جابجایی افراد و کالاها، باید دوست‌دار محیط

استخراج شد. فرآیند تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از روش اولویت‌ترتیبی که یک روش جدید در بحث تصمیم‌گیری چند معیاره است، رتبه‌بندی گردید و در نهایت مدل مفهومی پژوهش حاضر بدست آمد. اولویت‌ترتیبی (OPA) بطور خلاصه شامل پنج گام می‌شود. گام اول: متخصصان شناسایی و امتیاز هر یک مشخص می‌شود. متخصصان بر اساس سابقه کار، میزان تجربه و سایر فاکتورها اولویت‌بندی می‌شوند. گام دوم: معیارهای شناسایی شده توسط هر متخصص اولویت‌بندی می‌شود.

گام سوم: گزینه‌های تعیین شده توسط هر متخصص اولویت‌بندی می‌شود.

گام چهارم: مدل برنامه‌ریزی خطی زیر تشکیل و حل می‌شود: (نرم‌افزار MATLAB یا اکسل فرموله شده)

$$\begin{aligned} & \text{Max } Z \\ & \text{S.t:} \\ & Z \leq i(j(r(W_{ijk}^r - W_{ijk}^{r+1}))) \quad \forall i, j, k \text{ and } r \\ & Z \leq ijmW_{ijk}^m \quad \forall i, j \text{ and } k \\ & \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m W_{ijk} = 1 \\ & W_{ijk} \geq 0 \quad \forall i, j \text{ and } k \end{aligned}$$

where Z: Unrestricted in sign

مجموعه‌ها	
$I$	مجموعه خبره‌ها $\forall i \in I$
$J$	مجموعه معیارها $\forall j \in J$
$K$	مجموعه گزینه‌ها $\forall k \in K$
اندیس‌ها	
$i$	اندیس خبره‌ها $(1, \dots, p)$
$j$	اندیس معیارها $(1, \dots, n)$
$k$	اندیس گزینه‌ها $(1, \dots, m)$
متغیرها	
$Z$	تابع هدف
$W_{ijk}^r$	وزن (نقل) گزینه $k$ با رتک $j$ در معیار $i$ توسط خبره $i$
پارامترها	
$i$	رتک خبره $i$
$j$	رتک معیار $j$
$r$	رتک گزینه $k$

گام پنجم: بعد از حل مدل وزن گزینه‌ها، معیارها و خبره‌ها به ترتیب از طریق روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$W_k = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n W_{ijk} \quad \forall k$$

$$W_j = \sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^m W_{ijk} \quad \forall j$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m W_{ijk} \quad \forall i$$

بهبودسازی مصرف منابع، کاهش هزینه‌ها و حفظ منابع طبیعی از جمله اهداف اصلی پایداری اقتصادی هستند (Mavlutova et al, 2023). در این مفهوم، منظور از جامعه، مجموعه‌ای از فعل و انفعالات انسانی و چگونگی سازماندهی آنها و محیط نیز فضای پیرامون انسان‌هاست که فعالیت‌های آنها را طبق قوانین خود محدود می‌کند. عوامل محیطی در رفاہ کنونی تأثیر بسزای دارد و میراث نسل‌های آینده را مشخص می‌کند (Ayadi et al, 2024).

#### ۴- روش تحقیق

این تحقیق یک مطالعه توصیفی-تحلیلی است. در این پژوهش، به منظور شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر پایداری حمل و نقل عمومی، در مرحله اول از طریق جلسات مصاحبه با ۱۰ نفر از مدیران، معاونان و کارشناسان شاغل در حوزه حمل و نقل عمومی، ۹۶ عامل مؤثر در سیستم حمل و نقل شناسایی شد. فرآیند تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از روش نظریه داده‌بنیاد (استراوس و کوربین) انجام گردید.

نظریه داده‌بنیاد یک رویکرد کیفی است که برای توسعه نظریه‌های جدید بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده به صورت سیستماتیک استفاده می‌شود. برخلاف تحقیقات سنتی که با یک فرضیه شروع می‌شود، نظریه داده‌بنیاد با جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها برای تولید یک نظریه از یافته‌ها آغاز می‌شود. این یک روش‌شناسی انعطاف‌پذیر است که اغلب بر فرآیند تکراری جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و اصلاح نظریه نوظهور تأکید دارد و اطلاعات جمع‌آوری شده در سه مرحله کدگذاری می‌کند شامل کدگذاری باز، محوری و انتخابی. در مرحله دوم پرسشنامه‌ای منطبق بر نتایج مصاحبه مذکور تهیه و تنظیم گردید و در اختیار ۵۰ نفر از اساتید مجرب دانشگاه که در حوزه حمل و نقل فعال بودند، قرار گرفت. برای بررسی روایی و پایایی پرسشنامه، ابتدا از روش روایی محتوایی استفاده شد.

در این مرحله، پرسشنامه به گروهی از ۵ نفر از خبرگان ارائه شد تا نظر آنها درباره اعتبار محتوای شاخص‌ها و سؤالات موجود در پرسشنامه گرفته شود. نظرات این خبرگان در طراحی نهایی پرسشنامه لحاظ گردید و پرسشنامه اصلاح شد. برای سنجش پایایی پرسشنامه، از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها و تحلیل داده‌ها، آلفای کرونباخ برای کل مقیاس ۰٫۸۷ محاسبه شد که نشان‌دهنده پایایی مطلوب پرسشنامه است. در نهایت ۱۰ عامل کلیدی در قالب چهار دسته اصلی

**نتایج فاز اول**

راهبردها و معیارهای ضعف ساختاری، ضعف استراتژی، ضعف مدیریت، محدودیت مالی و ضعف فرهنگی به عنوان عوامل مداخله‌گر و معیارهای پایداری زیست‌محیطی، پایداری اجتماعی و پایداری اقتصادی به عنوان عوامل پیامد بدست آمد که در جداول (۱) تا (۵) جمع‌بندی گردیده است.

معیارهای زیرساختی، منابع مالی و سیاست‌گذاری به عنوان عوامل علی و معیارهای دسترس‌پذیری، فرهنگ‌سازی، فناوری اطلاعات، استانداردسازی و زیست‌محیطی به عنوان عوامل زمینه‌ای و معیارهای اجتماعی، اقتصادی و مدیریتی به عنوان

**جدول ۱. نتایج کدگذاری شرایط علی**

مفاهیم	کد محوری
<p>بهبود زیرساخت‌ها و گسترش مناطق تحت پوشش حمل و نقل عمومی</p> <p>بهبود کیفیت خدمات</p> <p>افزایش قابلیت اطمینان (زمان‌بندی) سیستم حمل و نقل عمومی</p> <p>کاهش هزینه‌ها</p> <p>توسعه تسهیلات و خدمات برای افراد معلول</p> <p>ارتقای امنیت حمل و نقل عمومی و کاهش میزان مرگ و میر ناشی از تصادفات</p> <p>تغییر ساختار شهری (اصلاح و بهبود خیابان‌ها) و کاربری اراضی</p> <p>برقراری تعادل و تناسب بین زیرساخت‌ها و تجهیزات ناوبری</p> <p>استفاده از فناوری‌های جدید مانند وسایل نقلیه هابیرید، برقی و خودران</p> <p>توسعه حمل و نقل غیرموتوری</p>	زیرساختی
<p>کاهش یارانه‌های سوخت</p> <p>ارائه تسهیلات از طرف دولت به ناوگان حمل و نقل عمومی</p> <p>سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها</p> <p>تخصیص بهینه منابع</p> <p>اجرای الگوی مدیریت واحد شهری</p>	منابع مالی
<p>بهره‌گیری از الگوهای موفق جهان</p> <p>همکاری بین نهادهای مختلف از جمله دولت، شهرداری و بخش خصوصی</p> <p>مشارکت شهروندان</p> <p>توسعه سیاست‌گذاری دولتی مانند قوانین و مقررات</p> <p>کنترل و استانداردهای سختگیرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای</p> <p>مدیریت تقاضای سفر</p> <p>تسهیل استفاده از حمل و نقل عمومی در نقاط مختلف شهر</p> <p>برنامه‌ریزی در حوزه گسترش تاکسی‌های پاک (هابیرید و برقی)</p> <p>در نظر گرفتن اهداف زیست‌محیطی در سیاست‌گذاری و فعالیت‌های حمل و نقل</p> <p>آینده‌نگری، برنامه‌ریزی بلندمدت و پرهیز از راه حل‌های مقطعی</p>	سیاست‌گذاری

**جدول ۲. نتایج کدگذاری شرایط زمینه‌ای**

مفاهیم	کد محوری
<p>اجرای مشتوق‌ها جهت استفاده از خطوط مترو مانند نیم بهاء کردن در برخی روزها</p> <p>گسترش خطوط مترو و اتوبوس‌های تندرو (BRT)</p> <p>گسترش محدوده طرح‌های زوج/فرد و ترافیک</p> <p>گسترش فضای مخصوص برای پیاده‌روی و دوچرخه سواری</p> <p>اقدامات مدیریت ترافیک</p>	دسترس‌پذیری
<p>آموزش</p> <p>ارتقاء فرهنگ شهروندان</p> <p>افزایش آگاهی عمومی از مزایای حمل و نقل پایدار و تاثیرات آن در بلندمدت</p> <p>افزایش تبلیغات و طرح‌های تشویقی در زمینه استفاده از خودروهای پاک (هابیرید و برقی)</p> <p>رعایت حقوق شهروندی</p>	فرهنگ‌سازی

<p>نصب دوربین‌های هوشمند هوشمندسازی چراغ‌ها و تجهیز تقاطع‌ها نصب علائم ترافیکی طراحی اپلیکیشن برای برنامه‌ریزی بهتر شهروندان جایگزین کردن خودروهای فرسوده با نو</p>	<p>فناوری اطلاعات</p>
<p>استفاده از استانداردهای روز جهان تقویت خطوط مواصلاتی بهبود کیفیت جاده‌ای جایگزین کردن خودروهای فرسوده با نو ایجاد تناسب بین عرضه و تقاضا</p>	<p>استانداردسازی</p>
<p>بهبود ناوگان حمل و نقل عمومی کنترل و استانداردهای سختگیرانه انتشار گازهای گلخانه‌ای واردات خودروهای با کیفیت و پاک (هایبرید و برقی) اصلاح ساختار فعلی خیابان‌ها و بزرگراه‌ها جهت عدم ورود حیوانات تشویق بخش خصوص در ایجاد پارکینگ سبز</p>	<p>زیست محیطی</p>

جدول ۳. نتایج کدگذاری راهبردها

مفاهیم	کد محوری
آموزش به رانندگان و پرسنل فعال در موضوع ترافیک و فرهنگ‌سازی احترام به محیط‌زیست در بین مردم در نظر گرفتن رشد جمعیت در توسعه زیرساخت‌ها	اجتماعی
تسریع در اختصاص اعتبار کافی برای توسعه حمل و نقل عمومی حذف موانع توسعه اولویت دهی منابع جهت برطرف کردن نواقص و طرح‌های ناتمام توسعه اصلاح قیمت سوخت (افزایش قیمت بنزین) برای خودروهای شخصی حذف پارانه‌های دولتی با واگذاری مدیریت به بخش خصوصی	اقتصادی
آموزش صحیح رانندگان منطبق بر اصول روز جهان واردات خودروهای با کیفیت و پاک (هایبرید و برقی) تبلیغات حمل و نقل غیر موتورسیکلت مانند استفاده روزمره از دوچرخه واگذاری مدیریت به بخش خصوصی (دیدگاه درآمدزایی) ایجاد تسهیلات رفاهی در مجاورت مناطق مسکونی	مدیریتی

جدول ۴. نتایج کدگذاری مداخله‌گر

مفاهیم	کد محوری
رعایت ارزش‌های تاریخی و فرهنگی در تصمیم‌گیری‌های ترافیکی سطح توسعه اجتماعی - اقتصادی کشور و فرآیند گسترش شهرنشینی فاجعه‌های طبیعی مانند سیل، زلزله و طوفان استفاده از فناوری‌های جدید مانند دوربین‌های مداربسته در اتوبوسها و مترو در مورد حریم خصوصی افراد ترافیک سنگین و ناخوشایند شدن تجربه سفر با وسایل نقلیه عمومی	ضعف ساختاری
عدم وجود خدمات حمل و نقل عمومی در برخی مناطق یا ساعات خاص و نگرانی‌های مربوط به امنیت، به‌ویژه در شب مخصوصاً برای بانوان ضعف نظام آموزشی، فرهنگ‌سازی و آگاهی‌بخشی عدم برنامه‌ریزی بلندمدت به دلیل تغییرات مکرر دولت‌ها و سیاست‌ها افزایش روز افزون خودروها و ازدیاد ترافیک تکنولوژی ضعیف و پایین خودروهای تولید داخل	ضعف مدیریت
کاهش پارانه‌های سوخت	ضعف استراتژی

عدم کنترل و نظارت دقیق دولت فقدان زیرساخت‌های مناسب برای پشتیبانی از فناوری‌های جدید سیاست‌های دولت در جهت حمایت بدون نتیجه از خودروسازی داخلی فقدان مشوق‌هایی مانند معافیت‌های مالیاتی برای استفاده از حمل و نقل عمومی ضعف نظام برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری	
عدم علاقه‌مندی سرمایه‌گذاران خصوصی در ورود به حوزه حمل و نقل پایدار عدم برخورداری از منابع مالی کافی عدم توانایی در جذب بازارهای خارجی عدم برآورد صحیح هزینه‌ها و پیش‌بینی‌های مالی حذف یارانه‌ها و واقعی‌سازی مبالغ	محدودیت مالی
وابستگی به خودروهای شخصی و عدم آگاهی از مزایای حمل و نقل عمومی تغییر فرهنگ عدم برخورداری از روحیه اصلاح‌پذیری و تغییر رویه مصرفی	ضعف فرهنگی

جدول ۵. نتایج کدگذاری پیامدها

مفاهیم	کد محوری
مدیریت مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش حمل و عمومی و کنترل آلودگی هوا حفاظت از اکوسیستم‌ها	پایداری زیست‌محیطی
افزایش عدالت اجتماعی تغییر رفتار اجتماعی شهروندان	پایداری اجتماعی
کاهش مصرف انرژی استفاده بهینه و حداکثری از منابع موجود توسعه و ارتقاء سطح وسایل نقلیه عمومی بهبود زیرساخت‌های حمل و نقل در کشور افزایش شرکت‌های مرتبط با پایداری حمل و نقل	پایداری اقتصادی

## نتایج فاز دوم

زیرمعیارها و مؤلفه‌های مرتبطی است که بر توسعه و بهبود سیستم حمل و نقل تأثیر می‌گذارند. از جمله مهم‌ترین این عوامل می‌توان به زیرساخت‌های حمل و نقل پایدار، مدیریت و سیاست‌گذاری و فرهنگ‌سازی و آموزش شهروندی اشاره کرد. جدول (۶)

رتبه‌بندی عوامل اصلی و فرعی تأثیرگذار بر پایداری حمل و نقل عمومی در ادامه ارائه می‌شود. این عوامل در چهار دسته اصلی شامل زیرساخت‌ها و توسعه پایدار، مدیریت و نوآوری، خدمات و کیفیت حمل و نقل عمومی و فرهنگ‌سازی و مشارکت اجتماعی طبقه‌بندی شده‌اند. هر یک از این دسته‌ها شامل

جدول ۶. عوامل و زیرمعیارهای موثر بر حمل و نقل عمومی پایدار شهر تهران

مؤلفه‌ها	زیرمعیارها	عوامل اصلی
توسعه زیرساخت‌های شهری و جاده‌ای	زیرساخت‌های حمل و نقل پایدار	زیرساخت‌ها و توسعه پایدار
گسترش فضای مخصوص پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری		
آماده‌سازی زیرساخت‌های پایدار (مثل وسایل نقلیه برقی)		
افزایش تعداد ایستگاه‌ها و خطوط حمل و نقل عمومی	توسعه حمل و نقل غیرموتوری	
گسترش خطوط دوچرخه‌سواری		
بهبود پیاده‌روها		
ترویج استفاده از حمل و نقل غیرموتوری در شهرها	کاهش انتشار آلاینده‌ها و دی‌اکسیدکربن	
کاهش انتشار آلاینده‌ها و دی‌اکسیدکربن		

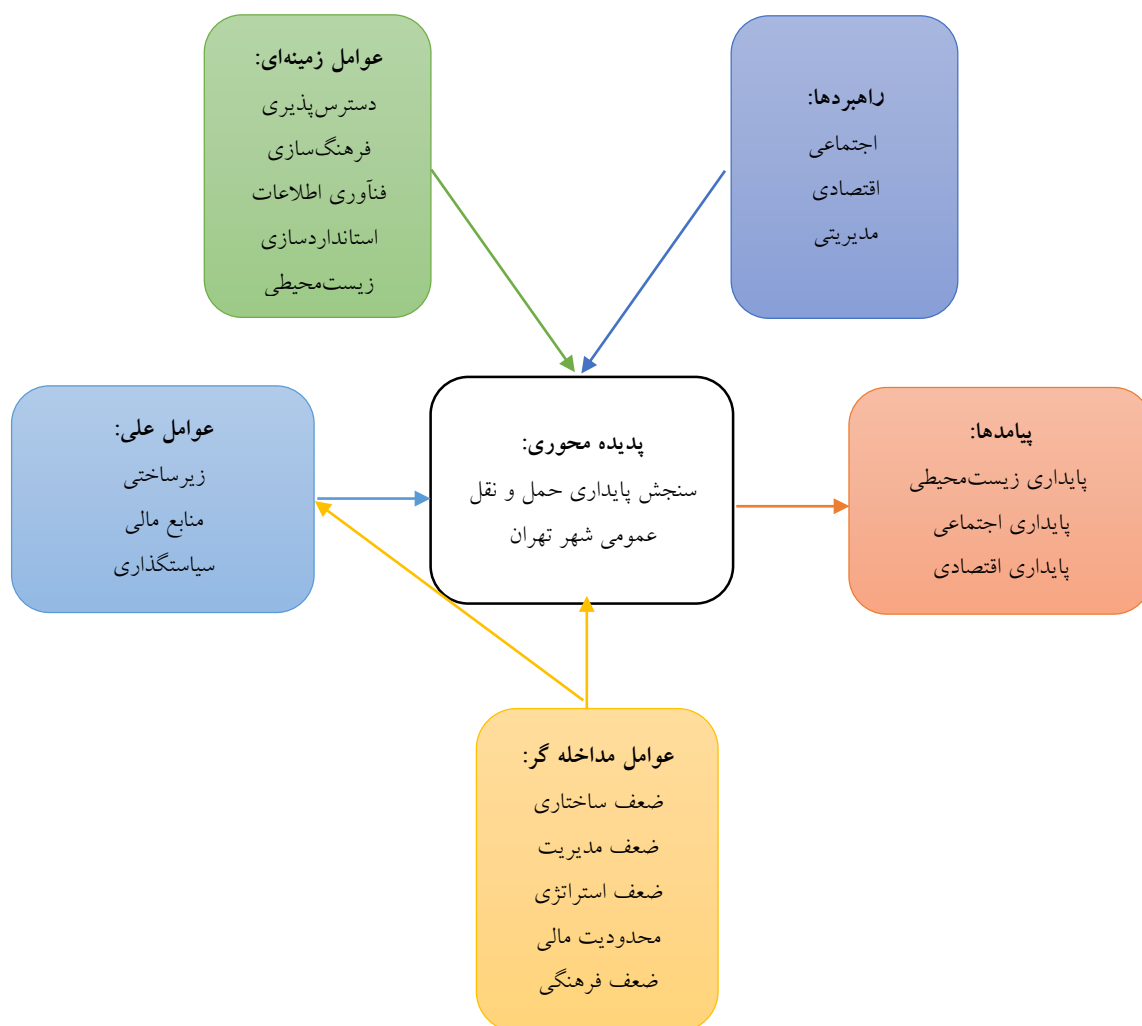
جایگزینی سوخت‌های غیر فسیلی	پایداری زیست‌محیطی	مدیریت، سیاست‌گذاری و نوآوری	
حفاظت از اکوسیستم‌ها در طراحی حمل و نقل کاهش وابستگی به خودروهای شخصی			
توسعه سیاست‌گذاری دولتی در حوزه حمل و نقل هماهنگی سیاست‌های حمل و نقل با طرح‌های توسعه شهری	مدیریت و سیاست‌گذاری در حمل و نقل		
مدیریت تقاضای سفر واقعی‌سازی هزینه‌ها و حذف یارانه‌های سوخت			
بهره‌گیری از فناوری‌های نوین (خودروهای برقی و خودران) هوشمندسازی سیستم‌های حمل و نقل و مدیریت ترافیک	استفاده از فناوری و نوآوری		
طراحی اپلیکیشن‌ها برای برنامه‌ریزی بهتر سفرهای شهری نظارت هوشمند بر خودروها برای کاهش آلودگی			
استانداردسازی خدمات حمل و نقل عمومی بهبود ناوگان حمل و نقل (مترو، اتوبوس و تاکسی)	بهبود کیفیت خدمات و تجهیزات		خدمات و کیفیت
ارتقای کیفیت خدمات برای افراد معلول و سالمندان افزایش قابلیت اطمینان و زمان‌بندی سیستم حمل و نقل			
ایجاد مغازه‌ها و تسهیلات رفاهی در نزدیکی ایستگاه‌ها توسعه خدمات رفاهی در مسیرهای حمل و نقل عمومی	بهبود تسهیلات شهری		
بهبود معابر و تسهیلات مناسب برای تمامی گروه‌های سنی			
آموزش و فرهنگ‌سازی استفاده از حمل و نقل عمومی افزایش آگاهی عمومی از مزایای حمل و نقل پایدار	فرهنگ‌سازی و آموزش شهروندی	فرهنگ‌سازی، امنیت و مشارکت اجتماعی	
آموزش احترام به محیط‌زیست در حوزه ترافیک تغییر رفتار اجتماعی شهروندان در استفاده از وسایل نقلیه شخصی			
ارتقای امنیت حمل و نقل عمومی کاهش مرگ‌ومیر و حوادث ناشی از حمل و نقل	امنیت و سلامت در حمل و نقل		
مدیریت بحران در حوادث طبیعی و شهری نظارت دقیق بر ناوگان حمل و نقل عمومی			
تشویق بخش خصوصی برای سرمایه‌گذاری در حمل و نقل پایدار ارائه تسهیلات مالی به ناوگان حمل و نقل عمومی	جذب سرمایه‌گذاری پایدار		
برنامه‌ریزی مالی دقیق برای پروژه‌های حمل و نقل حذف خودروهای فرسوده و جایگزینی با خودروهای نو			

جدول ۷. اولویت‌بندی عوامل اصلی مؤثر بر حمل و نقل عمومی پایدار شهر تهران

ردیف	عوامل مؤثر	وزن	رتبه
۱	زیرساخت‌ها و توسعه پایدار	۰/۲۹۲	۱
۲	مدیریت، سیاست‌گذاری و نوآوری	۰/۲۴۸	۲
۳	خدمات و کیفیت حمل و نقل عمومی	۰/۱۹۸	۳
۴	فرهنگ‌سازی، امنیت و مشارکت اجتماعی	۰/۱۴۶	۴

جدول ۸. اولویت‌بندی عوامل فرعی مؤثر بر حمل و نقل عمومی پایدار شهر تهران

ردیف	زیرمعیارها	وزن	رتبه
A1	زیرساخت‌های حمل و نقل پایدار	۰/۴۱۲	۱
A2	توسعه حمل و نقل غیرموتوری	۰/۲۲۶	۸
A3	پایداری زیست‌محیطی	۰/۲۹۲	۶
B1	مدیریت و سیاست‌گذاری	۰/۳۸۹	۲
B2	استفاده از فناوری و نوآوری	۰/۲۷۳	۷
C1	بهبود کیفیت خدمات و تجهیزات	۰/۳۴۲	۴
C2	بهبود تسهیلات شهری	۰/۳۱۳	۵
D1	فرهنگ‌سازی و آموزش شهروندی	۰/۳۶۱	۳
D2	امنیت و سلامت در حمل و نقل	۰/۲۱۸	۹
D3	جذب سرمایه‌گذاری پایدار	۰/۲۰۳	۱۰



نمودار ۱. مدل مفهومی پدیده محوری پایداری حمل و نقل عمومی شهر تهران



نمودار ۲. مدل مفهومی عوامل اصلی و فرعی مؤثر بر پایداری حمل و نقل عمومی شهر تهران

## ۵- نتیجه‌گیری

دیدگاه "نقش آگاهی اجتماعی در تحول سیستم‌های حمل‌ونقل (Pietrzak, 2020)" هم‌راستا است که بیشتر در بخش سوم مقاله به آن اشاره شد. همچنین شاخص‌هایی نظیر حذف پارانه‌ها و واقعی‌سازی قیمت‌ها، با کاهش هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم سفر، در عمل موجب جذب بیشتر مسافران به سیستم حمل و نقل پایدار شده‌اند.

این یافته‌ها مطابق با نظریه‌ی "برابری دسترسی اقتصادی در حمل‌ونقل پایدار، (Mugion et al., 2018)" است. در نهایت، پژوهش حاضر با ارائه مدلی ساختاریافته و بومی‌شده برای ارزیابی پایداری حمل‌ونقل عمومی توانسته است چارچوبی تصمیم‌یار برای سیاست‌گذاران فراهم آورد؛ چارچوبی که ضمن برخورداری از اعتبار آماری و قابلیت پیش‌بینی، متناسب با ویژگی‌های خاص کلان‌شهرهای ایرانی طراحی شده است. این مدل می‌تواند در سایر شهرهای کشور نیز برای طراحی و ارزیابی سیاست‌های حمل و نقل عمومی پایدار مورد استفاده قرار گیرد و بستری برای تدوین برنامه‌های بلندمدت در مواجهه با عدم قطعیت‌های آینده فراهم آورد.

در تحلیل ابعاد چهارگانه، "زیرساخت‌ها و توسعه پایدار" و "مدیریت، سیاست‌گذاری و نوآوری" بیشترین تأثیر در سیستم حمل و نقل عمومی دارد. تحلیل علمی این موضوع حاکی از آن است که در بافت شهری مانند تهران، چالش‌های دسترسی، موانع عمده‌ای برای استفاده محسوب می‌شوند. در بعد زیست‌محیطی تأثیر شاخص‌هایی مانند خودروهای پاک (هایبرید و برقی) و جایگزینی خودروهای فرسوده نشان‌دهنده آن است که نگرش عمومی نسبت به کیفیت هوا، آلودگی صوتی و سلامت شهروندان، به تدریج جایگاه مهم‌تری در سیستم حمل و نقل یافته است. این بعد، در واقع نقش حیاتی در کاهش پیامدهای منفی رشد شهری بر اکوسیستم شهری ایفا می‌کند و با ادبیات (Gudmundsson et al., 2016) تطابق دارد.

در بعد اجتماعی نیز شاخص‌هایی نظیر آموزش و فرهنگ‌سازی استفاده از حمل و نقل عمومی نشان می‌دهد که ارتقاء سواد حمل و نقل، درک مزایای سیستم و افزایش حس شهروندی نسبت به زیرساخت‌های شهری، عامل مهمی تلقی می‌شود. این یافته با

۶- مراجع

- Khazae M. (2018). Analysis and evaluation of indicators of sustainable urban transportation. *Geography and Human Relationships*, 1(3), 424-436. [doi.org/20.1001.1.26453851.1397.1.3.24.9](https://doi.org/20.1001.1.26453851.1397.1.3.24.9)
- Kumar BA., Jyothi B., Singh AR., Bajaj M. Rathore RS., Berhanu M. (2024). A novel strategy towards efficient and reliable electric vehicle charging for the realisation of a true sustainable transportation landscape. *Scientific Reports*, 14(1), 3261-3262. [doi.org/10.1038/s41598-024-53214-w](https://doi.org/10.1038/s41598-024-53214-w)
- Mavlutova I., Atstaja D., Grasis J., Kuzmina J., Uvarova I., Roga D. (2023). Urban Transportation Concept and Sustainable Urban Mobility in Smart Cities, *Energies*, 16(8), 3585. [doi.org/10.3390/en16083585](https://doi.org/10.3390/en16083585)
- Mugion RG., Toni M., Raharjo H., Di Pietro L., Sebathu, SP. (2018). Does the service quality of urban public transport enhance sustainable mobility. *Journal of Cleaner Production*, 174, 1566-1587. [doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.052](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.052)
- Pietrzak K., Pietrzak O. (2020). Environmental effects of electromobility in a sustainable urban public transport. *Sustainability*, 12(3), 1052. [doi.org/10.3390/su12031052](https://doi.org/10.3390/su12031052)
- Shanmugam S., Sun C., Chen Z., Wu Y. R., (2019). Enhanced bioconversion of hemicellulosic biomass by microbial consortium for biobutanol production with bioaugmentation strategy. *Technol.* 279, 149e155. [doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105893](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105893)
- Zhao X., Ke Y., Zuo J., Xiong W., Wu P. (2020). Evaluation of sustainable transport research in 2000–2019. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120404. [doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120404](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120404)
- Ayadi H., Benaissa M., Hamani N., Kermad L. (2024). Assessing the sustainability of transport systems through indexes. *Sustainability*, 16(4), 1455. [doi.org/10.3390/su16041455](https://doi.org/10.3390/su16041455)
- Babaei Z., Lahijanian A., Shojaei M. (2022). Evaluation of sustainable management of urban transportation with environmental sustainability approach. *Journal of Natural Environment*, 75(3), 477-486. [doi.org/10.22059/jne.2022.328651.2295](https://doi.org/10.22059/jne.2022.328651.2295)
- EskandariSani M. moradi M., Ebrahimi A. (2019). A study on factors influencing Sustainable urban transportation system based on Green Economy, 10(37), 13-24. [doi.org/20.1001.1.22285229.1398.10.37.2.6](https://doi.org/20.1001.1.22285229.1398.10.37.2.6)
- Gudmundsson H., Hall RP., Marsden G., Zietsman J. (2016). Sustainable transportation. Heidelberg, Ger. Frederiksberg, Denmark, Spreinger-Verlag Samf.
- Haghshenas H., Vaziri M., (2012). Urban sustainable transportation indicators for global comparison. *Ecological indicators*, 15(1), 115-121. [doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.010](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.010)
- Hasanpour O., Minaie S. (2020). Investigating the Effective Factors on Sustainable Urban Transport with Emphasis on Urban Road Network. [doi.org/20.1001.1.1735062.1399.28.105.5.8](https://doi.org/20.1001.1.1735062.1399.28.105.5.8)
- Heidarpour A., Jaberi R. (2021). Sustainable transportation in Iran; Measurement and analysis of related indicators. *Urban Economics and Planning*, 2(4), 247-264. [doi.org/10.22034/UE.2022.02.04.01](https://doi.org/10.22034/UE.2022.02.04.01)

# Urban Transportation Sustainability Assessment Model with an Uncertainty Approach (Case-Study: Tehran)

*Amirhossein Taghavi, Department of Industrial Engineering, South-Tehran Branch,  
Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

*\*Amir Abbas Shojaie, Department of Industrial Engineering,  
South-Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

*Kaveh Khalili Damghani, Department of Industrial Engineering,  
South-Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

*Hamid Tohidi, Department of Industrial Engineering, South-Tehran Branch,  
Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

**E-mail: A Shojaie@azad.ac.ir**

Received: September 2025- Accepted: February 2026

## ABSTRACT

The present study aims to provide a model for assessing the sustainability of urban public transportation in Tehran, taking into account uncertainty conditions. This study uses the Grounded Theory and Ordinal Priority Approach methods, and the data is analyzed using MAXQDA and MATLAB software. The primary statistical population included 10 managers, deputies, and experts working in the field of public transportation, and the secondary statistical population included 50 experienced university professors in the field of transportation, who were selected using a purposeful method. In the research process, 96 factors were initially identified, which, after analysis and prioritization, were categorized into 10 key factors in the form of four main categories: "Infrastructure and Sustainable Development", "Management, Policymaking, and Innovation", "Services and Quality", and "Culturalization, Security, and Social Participation". The results of the analysis showed that "sustainable transport infrastructure" (relative weight 0.412), "management and policy-making" (relative weight 0.389), and "citizenship education and culture" (relative weight 0.361) have the greatest impact, and on the contrary, "non-motorized transport development" (relative weight 0.226), "safety and health in transport" (relative weight 0.218), and "sustainable investment attraction" (relative weight 0.203) have the least impact on the sustainability of public transport in Tehran. Also, "improving the quality of services and equipment", "improving urban facilities", "environmental sustainability" and "using technology and innovation" were prioritized in the next categories. These findings indicate that achieving a sustainable public transportation system requires a focus on effective management and policymaking, the development of efficient infrastructure, and improving the quality of services.

**Keywords:** Sustainability, Urban Transportation, Conditions of Uncertainty, Infrastructure Development, Management and Innovation