

# بررسی شاخص‌های کمی و کیفی مؤثر در ارزیابی عملکرد سامانه اتوبوس‌های تندرو (BRT) با رویکرد توسعه پایدار

مطالعه موردی: کلانشهر مشهد

حمید فرهاد ملاشاهی - مربی، گروه مهندسی عمران و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تربیت مدرس، تهران، ایران.  
بهادر بذرافشان مقدم - مربی، گروه مهندسی عمران و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تربیت مدرس، تهران، ایران.  
تکتم محتشمی<sup>۱</sup> - استادیار، دانشگاه تربیت مدرس، تربیت مدرس، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۱

## چکیده

یکی از اقدامات مهم پس از راه‌اندازی یک سیستم حمل‌ونقل نوین (همچون سامانه اتوبوس‌های تندرو (BRT)<sup>۲</sup>، ارزیابی آن جهت اطمینان از عملکرد مناسب سیستم می‌باشد. حمل‌ونقل، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های مدیریت کلانشهر مشهد است. با وجود راه‌اندازی سامانه اتوبوس‌های تندرو در این شهر، به اعتقاد کارشناسان حوزه حمل‌ونقل، معیارهای کنونی در ارزیابی عملکرد در این شهر کافی نبوده و دارای کاستی‌هایی می‌باشند. از این رو، شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی عملکرد این سامانه به ویژه با رویکرد توسعه پایدار ضرورت دارد. هدف از پژوهش حاضر، توسعه یک چارچوب ارزیابی پس از اجرا (Ex-post) بر پایه استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری و محاسبه اوزان پارامترهای مؤثر در ارزیابی سامانه BRT در شهر مشهد است. در این راستا ضمن تعیین معیارهای مؤثر در ارزیابی کارایی این سامانه با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، به اولویت‌بندی شاخص‌های هر معیار براساس تکمیل پرسشنامه و انجام مصاحبه با کارشناسان خبره در حوزه حمل‌ونقل و مدیریت شهری مشهد پرداخته شده است. براساس یافته‌های تحقیق، در بین معیارهای مورد بررسی، معیار "منافع کاربران" با شاخص‌های راحتی، صرفه‌جویی در هزینه، کاهش زمان سفر، کاهش استهلاک وسیله نقلیه شخصی، کاهش محرومیت اجتماعی و تنوع در گزینه‌های حمل‌ونقلی، بالاترین اولویت را در ارزیابی کارایی BRT کسب نموده و معیار "محیطی" (با وزن ۰/۳۷۷) در اولویت بعدی قرار گرفته است. در میان شاخص‌های این معیار، سلامت و ایمنی (با وزن ۰/۴۳۷) و آلودگی هوا (۰/۳۰۵) از عواملی تعیین‌شده که سبب ارزیابی بهتر از کارایی این سیستم در شهر مشهد خواهد شد.

واژگان کلیدی: سامانه اتوبوس تندرو (BRT)، تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، حمل‌ونقل شهری، مشهد.

۸۷

شماره بیست‌وسوم

تابستان ۱۳۹۶

فصلنامه علمی-پژوهشی

مطالعات شهر

بررسی شاخص‌های کمی و کیفی مؤثر در ارزیابی عملکرد سامانه اتوبوس‌های تندرو (BRT) با رویکرد توسعه پایدار

حمل و نقل درون شهری، یکی از عناصر اصلی و مهم سیستم شهری می باشد که زمینه تحرک و پویایی شهر را فراهم کرده و دسترسی مردم و شهروندان را به نقاط مختلف شهر ممکن می سازد. در این بین، افزایش سریع تعداد وسایل حمل و نقل موتوری به ویژه اتومبیل و استفاده زیاد از آن در شهرهای کشور، مخصوصاً کلانشهرها، همراه با رشد جمعیت و گسترش بی رویه آن و نیز عدم برنامه ریزی های علمی و جامع سیستم حمل و نقل عمومی، باعث بروز مشکلاتی مانند آلودگی های شدید زیست محیطی، تراکم ترافیکی زیاد و خسته کننده، اتلاف زیاد وقت، مصرف بیش از حد انرژی و تصادفات شده، که دستیابی به توسعه پایدار حمل و نقل شهری را تحت تأثیر خود قرار داده است. این در حالیست که یکی از ویژگی ها و شاخصه های حمل و نقل شهری پایدار، دسترسی آسان، سریع و مطمئن شهروندان به نقاط مختلف شهر و بهره مندی از کاربری های گوناگون موجود در سطح شهر است.

بر اساس تعریف، ارزیابی حمل و نقل پایدار می بایست به صورت توأمان در ابعاد زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی لحاظ شود. از این رو، برای شناخت میزان دستیابی برنامه ها و سیاستگذاری ها به حمل و نقل پایدار، استفاده از شاخص های جامع و کاربردی می تواند بسیار راهگشا باشد. سیستم اتوبوس رانی تندرو (BRT) به عنوان یکی از زیرساخت های بخش حمل و نقل، نقش عمده ای در تسریع عبور و مرور و برآورده کردن تقاضای ترافیک داشته و به لحاظ ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و فرهنگی، از گزینه های مناسب در ایجاد این توسعه به شمار می آید. این سیستم با کاهش در نرخ تصادفات، کاهش هزینه سفر، افزایش ایمنی و بهبود در کیفیت زندگی، صرفه جویی در هزینه سوخت و زمان سفر، در اولویت توسعه قرار دارد. اهمیت این بخش از حمل و نقل شهری باعث شده که در سراسر دنیا، مدیران تلاش نمایند تا این سیستم را در قالب مدیریتی جامع، سازماندهی و با در اختیار گرفتن ابزارهای ممکن و فراهم آوردن زمینه همکاری بین متخصصان رشته های مختلف، زمینه رسیدن به یک راه حل پایدار در خصوص مسائل مربوط به BRT را هموار کنند. به علاوه متخصصان می کوشند تا با شناسایی عواملی که باعث عدم پایداری آن می شود، زمینه بالابردن کارایی و اثربخشی این سیستم را فراهم آورند. یکی از راهکارهای مؤثر برای ارزیابی عملکرد و پایداری این سیستم، تعیین شاخص های پایداری و تبیین اولویت اهمیت آنها در آن پروژه و اعمال نتایج حاصل از آن در تصمیم گیری ها و سیاست گذاری های پروژه است. در واقع تا زمانی که این شاخص ها مشخص و طراحی نشده باشند، اجرای آنها نیز امکان پذیر نخواهد بود.

شهر مشهد با سه میلیون و ۲۱۸ هزار نفر جمعیت، به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی خود، پذیرای جمعیتی است که در جست و جوی کار و زندگی بهتر به این شهر مهاجرت می کنند. همچنین این شهر در طول سال پذیرای زائران بسیاری از نقاط مختلف کشور می باشد. از این رو حمل و نقل، یکی از مهم ترین دغدغه های مدیریت کلان این شهر است. در این مدت مدیران و

برنامه ریزان مدیریت شهری، تلاش کرده اند نگاهی همه جانبه به مسائل این بخش داشته و در جهت مدیریت بهتر آن تلاش کنند. یکی از راه حل هایی که در مقابل این مشکلات اعمال شده، تأکید بر سیاست توسعه سامانه BRT در این شهر است که در کنار توسعه سیستم مترو در کلانشهر مشهد برای تسهیل حمل و نقل عمومی و مقابله با مشکلات یاد شده توسط شهرداری درپیش گرفته شده است. راه اندازی خطوط BRT از سال ۱۳۹۱ در این شهر آغاز شده و در حال حاضر پنج خط BRT مشغول ارائه خدمت در این شهر می باشند (Mashhad Traffic & Transportation Organization, 2016). یکی از اقدامات مهم پس از راه اندازی یک سیستم حمل و نقل نوین، ارزیابی آن برای اطمینان از عملکرد مناسب سیستم می باشد. این در حالی است که به اعتقاد کارشناسان حوزه حمل و نقل، معیارهای کنونی در ارزیابی عملکرد BRT در این شهر کافی نبوده و دارای کاستی هایی می باشد. از این رو، شناسایی و اولویت بندی معیارهای ارزیابی عملکرد این سامانه در شهر مشهد ضرورت دارد. با توجه به اهمیت اجرای پروژه های BRT در توسعه شهر مشهد و جایگاه استراتژیک ارزیابی پایداری پروژه ها، به دلیل تأثیرپذیری آیندگان از تبعات مثبت و منفی اجرای این پروژه ها، این پرسش مطرح است که اساساً پایداری جنبه های اقتصادی و اجتماعی و زیست محیطی پروژه های BRT با چه شاخص هایی اندازه گیری شود؟ پژوهش حاضر به دنبال پاسخگویی به این پرسش از دیدگاه کارشناسان حمل و نقل شهری است. هدف از این مطالعه، توسعه یک چارچوب ارزیابی پس از اجرا بر پایه استفاده از روش های تصمیم گیری و محاسبه اوزان پارامترهای مؤثر در ارزیابی این سیستم حمل و نقلی، برای سامانه BRT در شهر مشهد است. این چارچوب در بر دارنده ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی اجرای این سامانه بوده و در نتیجه در بر دارنده همه جنبه های توسعه پایدار است که انتظار می رود توجه به آنها در توسعه آینده این سیستم در شهر مشهد در نظر گرفته شود.

## ۲. چارچوب نظری

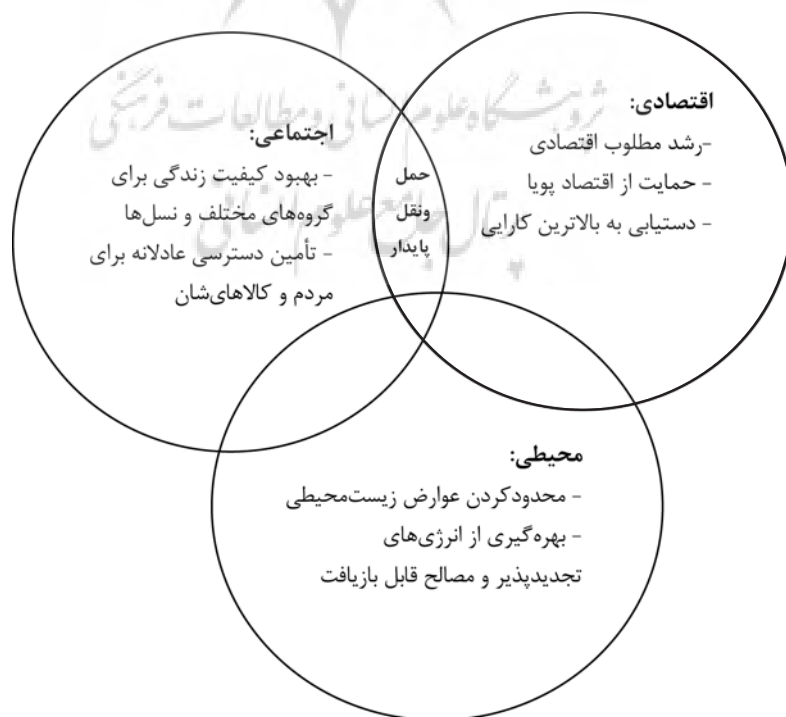
توسعه پایدار، مفهومی چند بعدی است که اهداف اجتماعی (شامل عدالت، مشارکت، برابری، انسجام فرهنگی و...)، اهداف اکولوژیکی (شامل حفظ تنوع زیستی، حفظ منابع طبیعی و...) و اهداف اقتصادی (شامل رشد، کارایی، رفاه مادی و...) را در بر می گیرد (Hugh, 2000: 112). موضوع حمل و نقل می تواند به عنوان ابزاری برای دستیابی به توسعه پایدار تلقی شود. علت با اهمیت بودن مبحث حمل و نقل شهری در رویکرد توسعه پایدار، مسئله ساز بودن نظام حمل و نقل شهری امروزی با توجه به مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی آن می باشد (Turton, 2006: 608). چرا که امروزه مشکلات و نارسایی های عمده ای در حمل و نقل شهری گریبان گیر اقتصاد، اجتماع و محیط زیست شهری به عنوان شاخص های اصلی پایداری می باشد که توجه به مبحث پایداری در این حوزه را بیش از پیش ضروری جلوه داده است. از جمله این چالش ها در بعد اقتصادی، می توان به

استفاده بی‌رویه از منابع انرژی به خصوص در زمینه سوخت‌های فسیلی (Joumard and Nicolas, 2010: 136). هزینه‌های ناشی از اتکا و گرایش به حمل‌ونقل شخصی به جای حمل‌ونقل عمومی، هزینه‌های مربوط به ساخت زیرساخت‌ها و منابع نگهدارنده در رابطه با فرسودگی آنها (Steg and Gifford, 2005: 59) اشاره کرد. در بعد اجتماعی مسئله، می‌توان به کاهش ایمنی و امنیت اجتماعی در بحث تصادفات (Eichhorst, 2009: 347)، افزایش هزینه‌های مالی و جانی ناشی از تلفات رخ داده و از بین رفتن آرامش صوتی و بصری در شهرها که از افزایش حجم ترافیک وسایل حمل‌ونقل نشأت می‌گیرد، اشاره نمود (Feitelson, 2002: 99). گرمایش زمین از طریق انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی هوای شهرها به علت حجم بالای خودروهای شخصی که از منابع آلاینده استفاده می‌کنند و تخریب کاربری اراضی در شهرها برای خیابان‌کشی‌ها و شریان‌های ارتباطی متنوع و فراوان (European Environment Agency, 2008: 401) نیز از جمله چالش‌های زیست‌محیطی حمل‌ونقل شهری به حساب می‌آید که همه این چالش‌های یاد شده از جمله مسائل و مشکلاتی هستند که یک چشم‌انداز منفی در نظام حمل‌ونقل شهری ایجاد کرده‌اند و ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیطی زندگی در شهرها را تحت‌الشعاع قرار می‌دهند. حمل‌ونقل پایدار، مجموعه‌ای از سیاست‌ها و دستورالعمل‌های یکپارچه، پویا، پیوسته و در بر دارنده اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است که توزیع عادلانه و استفاده مؤثر از منابع، برای رفع نیازهای حمل‌ونقل جامعه و نسل‌های آتی را به همراه دارد (Ostad Jafari and Heidari, 2012: 113). مؤسسه حمل‌ونقل کانادا، هدف از ایجاد سامانه حمل‌ونقل پایدار را کسب اطمینان از در نظر گرفتن عوامل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با فعالیت‌های حمل‌ونقل بیان کرده

و تعریف ذیل را ارائه نموده است: مؤثرترین و راحت‌ترین طریق جابه‌جایی مسافر و کالا، با کمترین میزان مصرف انرژی (در زمینه سوخت) با مقبول‌ترین هزینه، کمترین ترافیک و اثرات منفی زیست‌محیطی مانند آلودگی هوا و صدا و اجرای شدید مقررات ترافیکی. همچنین در گزارش بانک جهانی در سال ۱۹۹۶، حمل‌ونقل پایدار و ارکان آن به صورت ذیل تعریف شده است: رکن اقتصادی و مالی: شامل مناسب بودن ساختار سازمانی، اقدامات و سرمایه‌گذاری برای زیرساخت‌های حمل‌ونقل، رکن زیست‌محیطی و اکولوژیکی: شامل بررسی چگونگی سرمایه‌گذاری برای حمل‌ونقل و انتخاب اشکال مختلف حمل‌ونقل که روی کاهش مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها اثر می‌گذارد و رکن اجتماعی: شامل کافی بودن دسترسی به خدمات حمل‌ونقل برای همه اقشار جامعه (Moharam Nejad and Ahmadi, 2006).

## ۲.۱. ابعاد مختلف سیستم حمل‌ونقل پایدار

کنش‌هایی همواره بین ابعاد مختلف یک سیستم حمل‌ونقل پایدار وجود دارد. ارزان نگاه داشتن خدمات حمل‌ونقل برای رفاه و توسعه ملی، دسترسی راحت، سریع و ایمن به خدمات شهری، کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی که در درازمدت تأثیرات بسیاری بر سلامت روح و جسم شهروندان دارد از جمله مهم‌ترین کنش‌هایی است که در سیستم شهر، بین مؤلفه‌های حمل‌ونقل، اقتصاد، محیط و اجتماع وجود دارد. تصویر شماره ۱ تقابل بین پارامترهای حمل‌ونقل پایدار را نشان می‌دهد (Soltani, 2013). هر یک از ابعاد حمل‌ونقل پایدار، شامل شاخص‌هایی است که به عنوان معیار و ابزاری برای ارزیابی پایداری سیستم محسوب می‌شوند و محققان مستقل در مطالعات مختلف به آنها اشاره داشته‌اند. نقش این شاخص‌ها کمی‌سازی، ساده‌سازی و برقراری



تصویر شماره ۱: تقابل بین پارامترهای حمل‌ونقل پایدار - Soltani, 2013: 83

ارتباط بین سه بعد مورد بررسی است که ابزاری مفید برای سیاست‌گذاری در انتقال اطلاعات در مورد عملکرد یک سیستم حمل‌ونقل همچون سامانه BRT است و با کنترل آنها چگونگی اجرای برنامه‌های توسعه این سامانه در راستای توسعه پایدار را می‌توان مورد ارزیابی قرار داد. در یک تقسیم‌بندی می‌توان این شاخص‌ها را به سه گروه تقسیم کرد:

#### - شاخص‌های اقتصادی

از آنجا که وقت هر فرد باید صرف کار و تولید گردد، دارای ارزش مالی است و تأخیر یا اتلاف وقت ناشی از تراکم ترافیک، همیشه بازدهی تولید جامعه را کاهش داده و نوعی هزینه اقتصادی محسوب می‌گردد. این شاخص کمک می‌کند که سودمندی سیستم حمل‌ونقل، هزینه‌ها و منافع برای اجتماع و افراد را توصیف کند. هدف چارچوب اقتصادی و شاخص‌ها، نظارت بر این پارامترها و ارزیابی اثرات اقتصادی سیاست‌های حمل‌ونقل می‌باشد و یا به صورت کلی برای تغییر سیستم می‌توان از آن استفاده کرد. شاخص‌های اقتصادی خود می‌توانند شامل آثار اقتصادی مستقیم و آثار اقتصادی غیرمستقیم باشند که شاخص‌هایی چون هزینه‌های مستقیم (سوخت، مواد و...)، هزینه‌های غیرمستقیم، هزینه‌های تعمیر و نگهداری، هزینه تسهیلات حمل‌ونقل، هزینه‌های مربوط به انرژی، مالیات در بخش حمل‌ونقل، مالکیت وسیله نقلیه شخصی، اختصاص درآمد خانوار به حمل‌ونقل، کاربری زمین و سرمایه‌گذاری زیرساخت‌های حمل‌ونقل را در بر می‌گیرند (Litman, 2007; Eijneram, 2000).

#### - شاخص‌های اجتماعی

جنبه اجتماعی سیستم حمل‌ونقل، مربوط به کیفیت زندگی است. هیچ تعریف جهانی از کیفیت زندگی در بخش حمل‌ونقل وجود ندارد، اما بیشتر تعریف‌ها به تندرستی، رضایت و خرسندی اشاره می‌کند. البته کیفیت زندگی به هر دو جنبه دیگر پایداری اشاره دارد که همان جنبه اقتصادی و زیست‌محیطی است و بدون کامل بودن این سه جنبه، کیفیت زندگی میسر نمی‌شود. در این خصوص مطالعات به استفاده از شاخص‌هایی چون ایمنی، امنیت، کیفیت و قابلیت زندگی جامعه، عدالت و مساوات، سلامت جامعه، تساوی برای غیرراندنده‌ها، مشارکت افراد جامعه برای این منظور اشاره کرده‌اند (OECD, 2000).

#### - شاخص‌های محیطی

شاخص‌های محیط‌زیستی، به دو گروه اصلی مصرف منابع و آلاینده‌ها تقسیم می‌شوند. بخش حمل‌ونقل، مقدار بسیار بالایی از منابع طبیعی را به صورت انرژی، ماده و منابع زمینی مصرف می‌کند. آلاینده‌هایی که از بخش حمل‌ونقل حاصل می‌شود، موجب آلودگی هوا، آب و خاک می‌گردد که برای انسان و حیات وحش مضر است. شاخص‌هایی چون آلودگی صوتی، آلودگی آب، سلامتی و امنیت، مصرف منابع طبیعی، حفاظت زیستگاه، فضای سبز و اثرات کاربری و اشغال زمین توسط استیج و گیفورد (۲۰۰۵) و OECD (۲۰۰۲) برای این منظور، مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است.

#### ۲.۲. معیارهای مؤثر بر عملکرد سامانه BRT

در مطالعات مختلف در زمینه بررسی عملکرد سیستم حمل‌ونقل و به طور خاص عملکرد BRT، ابعاد مختلف هر یک از این پارامترها اشاره شده است. پلزین و بالتز<sup>۱</sup> در پژوهشی با عنوان «آیا اتوبوس‌های تندرو (BRT) گزینه مناسبی در حمل‌ونقل است؟» به بررسی و معرفی شاخص‌های مختلف هزینه (سرمایه‌گذاری، نگهداری و بهره‌برداری)، انعطاف‌پذیری، کیفیت، مشتری‌مداری، دسترسی، پوشش جغرافیایی، زمان اجرا و... برای معرفی سامانه BRT پرداخته‌اند (Polzin & Baltes, 2002). ویهوا<sup>۲</sup> و همکاران با استفاده از روش ارزیابی فازی چند لایه‌ای که ترکیبی از روش‌های AHP و ارزیابی جامع فازی است، به بررسی عملکرد BRT پرداخته و معیارهایی از قبیل معیارهای اقتصادی-اجتماعی، فاکتورهای تابع ترافیک، تأثیرات زیست‌محیطی و مصرف منابع برای ارزیابی حالت‌های مختلف اتوبوس تندرو را معرفی نموده‌اند (Weihsua, 2005). کیوری<sup>۳</sup> به ارزیابی و مقایسه عملکرد سامانه‌های حمل‌ونقل از دیدگاه مردم و براساس شاخص‌های فاصله از ایستگاه، زمان انتظار، زمان سفر و هزینه پرداخته است. نتیجه این تحقیق نشان داده است که سامانه حمل‌ونقل ریلی و BRT به ترتیب بالاترین ضریب عملکرد را داشته‌اند، اما به لحاظ هزینه‌های کمتر سامانه BRT، پیشنهاد به توسعه آن گردیده است (Currie, 2005). موهان<sup>۴</sup> به بررسی سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی شهری کشورهای هند، آمریکا، چین، اکوادور، برزیل و پرو پرداخته است. براساس یافته‌های وی، در هند، با توجه به وجود شهرهایی با توسعه شعاعی به همراه تراکم طبقات کم درآمد و مالکیت بالای دوچرخه موتوری، سامانه BRT می‌تواند کارساز باشد. در شهرهای ژاپن، اروپا و آمریکای شمالی نیز با وجود سطح بالای مالکیت خودرو، توسعه ناوگان عمومی BRT، در افزایش سطح استفاده عموم مؤثر بوده است (Mohan, 2005). یازیک<sup>۵</sup> و همکاران به بررسی توصیفی عملکرد نخستین خط اتوبوس تندروی شهر استانبول که در سال ۲۰۰۷ راه‌اندازی شده، پرداخته‌اند. در این مطالعه کاربردی، مشخصات و سود و زیان این خط که تنها خط بین قاره‌ای است، شرح داده شده و دلایل و زمینه ایجاد فرهنگ عمومی استفاده از حمل‌ونقل سریع توسط کل مسافران حمل‌ونقل عمومی، توضیح داده شده است (Yazici et al., 2013).

بررسی پیشینه موضوع در داخل کشور نیز نشان می‌دهد، مطالعات مختلفی در خصوص تحلیل و ارزیابی خطوط BRT در دیگر شهرها، به ویژه شهر تهران انجام شده که هر یک از آنها ابعاد خاصی از عملکرد این سیستم را مورد بررسی قرار داده‌اند. بیٹی و همکاران در تحقیق خود به دنبال یافتن آثار متفاوت اجرای سامانه حمل‌ونقل اتوبوس‌های تندرو بر بافت مسکونی و تجاری تحت اثر خود در کلانشهر تبریز بوده‌اند. بر این اساس، با استفاده از مطالعات

1 Polzin and Baltes

2 Weihsua

3 Currie

4 Mohan

5 Yazici

کتابخانه‌ای و پژوهش‌های میدانی، شاخص‌های تأثیرگذار مسیر BRT بر همسایگی‌های مجاور مشخص گردیده است. یافته‌های این مطالعه نشان داده است که واکنش حوزه‌های درگیر با کاربری‌های متفاوت مسکونی و تجاری نسبت به این طرح متفاوت می‌باشد و اجرای طرح دارای تأثیرات مثبت و منفی بر بافت پیرامون خود بوده است. این طرح، اگرچه توانسته است رضایت نسبی ساکنان اطراف مسیر را تأمین نماید، ولی در رضایت‌مندی کسبه اطراف ناموفق بوده است (Beyti et al., 2014). سقایی و همکاران در تحقیقی به ارزیابی عملکرد سیستم BRT در کلانشهر اصفهان، براساس شاخص‌های حمل‌ونقلی از دیدگاه مسافران پرداخته‌اند. نتایج تحقیق حاکی از عملکرد مثبت این خط و رضایت‌مندی مسافران آن براساس اهداف حمل‌ونقلی در کلانشهر اصفهان است (Saghaee et al., 2014). نوروزی اورگانی در تحقیقی پیرامون ارزیابی عملکرد و سنجش میزان رضایت‌مندی از سیستم اتوبوس‌رانی تندرو (BRT) در کلانشهر اصفهان که از نوع مطالعات توصیفی-تحلیلی پیمایشی است، به بررسی نقش سامانه BRT در حمل‌ونقل و ترافیک کلانشهر اصفهان و نیز میزان رضایت‌مندی شهروندان و استفاده‌کنندگان از آن پرداخته است. نتایج حاصل از کاربرد آزمون‌های ناپارامتری خی ۲ و کولموگورف-اسمیرنوف یک بعدی نشان داده است که سامانه BRT در حمل‌ونقل و ترافیک کلانشهر اصفهان نقش مثبت داشته و به لحاظ رضایت‌مندی استفاده‌کنندگان، در تمامی پارامترها، رضایت وجود داشته؛ با این تفاوت که میزان آن متغیر بوده است (Noruzi Avargani, 2014). عیدی و همکاران در مطالعه‌ای پیرامون سنجش کارایی سامانه حمل‌ونقل همگانی در شهر یزد، با استفاده از روشی توصیفی-تحلیلی و با ماهیت کاربردی، به ارزیابی کارایی سامانه اتوبوس‌رانی در یزد در سه مسیر با حجم بالای سفر پرداخته‌اند و به منظور ارزیابی سامانه، از معیارهای دسترس‌پذیری، راحتی و آسایش کمک گرفته‌اند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داده است که بالا بودن زمان سفر با اتوبوس در مقایسه با خودروی شخصی در حدود دو برابر است که علی‌رغم بالا بودن سطح سرویس ناحیه تحت پوشش، منجر به ترغیب شهروندان برای استفاده از خودروی شخصی می‌شود (Abdi, 2013). پور احمد و عمران زاده به ارزیابی عملکرد سیستم حمل‌ونقل BRT در کلانشهر تهران و ارائه راهکارهای توسعه آن در قالب تکنیک SWOT پرداخته‌اند. در نتیجه این پژوهش، ظرفیت‌ها و محدودیت‌های موجود در خط یک سیستم BRT تهران، مطالعه و مشخص گردیده و ۹۷ عامل اثرگذار بر خط یک BRT تهران شناسایی شده است (Ahmad & Omran Zadeh, 2012). صالحی و همکاران در تحقیقی پیرامون تأثیر ایجاد سامانه اتوبوس‌های تندرو در یکی از مناطق تهران بر مسائل زیست‌محیطی، فرهنگی و اجتماعی به این نتیجه رسیدند که با اجرای این سیستم، آلودگی هوا تا حدودی کاهش یافته و حدود ۶/۵ میلیون لیتر صرفه‌جویی در مصرف سوخت صورت پذیرفته است. به علاوه، هزینه‌های اجتماعی نیز به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است (Salehib et al., 2012). صدیق باور و حدیقه جوانی نشان دادند که شاخص‌هایی مانند کاهش

آلاینده‌گی، کاهش زمان سفر، کاهش هزینه سفر، تواتر، چگالی مسافران، راحتی، مستقیم بودن سفر در BRT نسبت به سایر مدهای موجود در شهرها بیشتر است و کم‌هزینه‌ترین و سریع‌ترین مد از لحاظ اجرا، سیستم BRT می‌باشد (Sedigh Bavar & Hadighe Javani, 2011).

با توجه به دیدگاه‌های مختلف در خصوص عملکرد BRT، این سامانه در هر شهر به نحوی خاص اجرا شده و در برخی از شهرها تنها براساس تجربه موفق دیگر شهرها در پیاده‌سازی این نوع سامانه اقدام به اجرای آن بدون ملاحظات شهری خود کرده‌اند. این امر، ارزیابی عملکرد BRT براساس معیارهای توسعه پایدار شهر مشهد را ضروری می‌سازد. بر همین اساس، در این مطالعه سعی شده به ارزیابی این سامانه در شهر مشهد پرداخته شود. از ویژگی‌های اصلی مطالعه حاضر، استفاده ترکیبی از ابعاد مختلف توسعه پایدار در مطالعات گذشته می‌باشد که با توجه به بستر مطالعه کنونی می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. براین اساس با بهره‌گیری از نظرات کارشناسان، شاخص‌های پایداری سیستم حمل‌ونقل BRT در چهار گروه عمده "اقتصادی مستقیم"، "اقتصادی غیرمستقیم"، "منافع کاربران" و "محیطی" تعریف و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

### ۳. روش تحقیق

روش پژوهش در مطالعه حاضر از نظر نوع و هدف، کاربردی و از نظر روش و ماهیت، توصیفی-تحلیلی است. ابزار پژوهش شامل پرسشنامه محقق ساخته‌ای است که روایی آنها توسط گروهی از متخصصان و اعتبار آن توسط آلفای کرونباخ ( $\alpha = 0.77$ ) تأیید شده است. در این خصوص، با توجه به تعدد شاخص‌های موجود که اولویت‌بندی کل آنها را از نظر کاربردی خالی از اشکال نکرده و برای تهیه پرسشنامه و اخذ نظر کارشناسان با مشکل روبه‌رو می‌کند، در ابتدا تعداد منطقی این شاخص‌ها براساس نظرات تعداد هشت نفر از متخصصان (متشکل از دو نفر از مدیران و شش نفر از کارشناسان ارشد بخش حمل‌ونقل) که به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شده بودند، مورد شناسایی قرار گرفت. بر آن اساس ۱۶ شاخص نهایی، برای اولویت‌بندی و ارزیابی عملکرد سامانه BRT از بعد پایداری منتخب شد. در جدول شماره ۱ این شاخص‌ها و محققانی که بر روی این شاخص‌ها مطالعاتی انجام داده‌اند، ارائه شده است. براین اساس، شاخص‌های مورد ارزیابی در این مطالعه، در چهار گروه عمده "اقتصادی مستقیم"، "اقتصادی غیرمستقیم"، "منافع کاربران" و "محیطی" مورد ارزیابی قرار گرفت. جامعه آماری این تحقیق را مدیران و مسئولان با تجربه در حوزه حمل‌ونقل شهری و نیز اساتید مربوط به این حوزه تشکیل می‌دادند که از این تعداد ۱۵ نفر براساس جدول مورگان انتخاب و به روش تصادفی طبقه‌ای به عنوان نمونه تحقیق انتخاب شدند. این تعداد متشکل از پنج نفر از اساتید دانشگاهی در رشته‌های مهندسی حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی شهری، سه نفر از مسئولان ذی‌ربط در حوزه شهرداری و هفت نفر نیز در حوزه سازمان حمل‌ونقل شهری مشهد و مهندسان مشاور بوده‌اند که به منظور اولویت‌بندی شاخص‌ها و تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با روش سلسله مراتبی، مورد پرسش قرار گرفتند.

جدول شماره ۱: معیارهای مورد استفاده در پژوهش

معیار	زیرمعیار	توضیحات تکمیلی	مرجع
اقتصادی مستقیم	هزینه ساخت	شامل هزینه‌های زیرساختی (مواد، انرژی، کار، خرید زمین و ...)	(Annema et al. 2012; Eijgenraam et al. 2000; Gospadini, 2005; Hidalgo et al. 2013; Kjerkreit, 2008; Litman, 2013; Odgaard et al. 2005; Soberanis, 2010; TRB, 2002)
	هزینه‌های عملکردی	شامل کلیه هزینه‌های مربوط به نگهداری و بازسازی زیرساخت‌ها	(Eijgenraam et al. 2000; Hidalgo et al. 2013; Kjerkreit, 2008; Odgaard et al. 2005; Soberanis, 2010; TRB, 2002)
اقتصادی غیرمستقیم	کاهش احداث پارکینگ	کاهش احداث پارکینگ و ارزش‌های بالاتر کاربری زمین در نتیجه کاهش استفاده از وسیله نقلیه شخصی	(Bakker and Zwaneveld, 2009; Litman, 2013; Mohan 2005)
	افزایش ارزش زمین‌های مجاور	افزایش ارزش زمین و ملک به دلیل نزدیکی به ایستگاه BRT	(Hidalgo et al. 2013; Litman, 2013; Odgaard et al. 2005; Soberanis, 2010)
	اشتغال	شامل اشتغال مستقیم در فرآیند احداث و اشتغال غیرمستقیم در نتیجه افزایش تقاضا برای فروشگاه‌ها و ...	(Eijgenraam et al. 2000; Gospadini, 2005; ICF, 2009; Odgaard et al. 2005; Sammar et al. 2004; TRB, 2002)
	اختلال‌های ناشی از ساخت	افزایش ریسک تصادفات در نتیجه محدود کردن ظرفیت خیابان	(Bakker and Zwaneveld, 2009; ICF, 2009; Oxera, 2005; Preston and Wall, 2008; PROPOLIS, 2004; Sammar et al. 2004; TRB, 2002)
منافع کاربران	راحتی	شرایط تهویه، راحتی صندلی و ...	(Bakker and Zwaneveld, 2009; OECD, 2002)
	صرفه‌جویی در هزینه	هزینه کمتر رفت و آمد	(Litman, 2007; Mohan 2005; OECD, 2002)
	کاهش زمان سفر	تغییر در زمان سفر از مبدأ تا مقصد در نتیجه استفاده از BRT	(Annema et al. 2012; Eijgenraam et al. 2000; Hidalgo et al. 2013; Kjerkreit, 2008; Litman, 2013; Odgaard et al. 2005; Oxera, 2005; PROPOLIS, 2004; Sammar et al. 2004; Soberanis, 2010; TRB, 2002)
	کاهش استهلاک وسیله نقلیه شخصی	صرفه‌جویی در هزینه‌های سوخت، تعمیر و نگهداری وسیله نقلیه شخصی	(Kjerkreit, 2008; Litman, 2013; Nijland et al. 2010; Odgaard et al. 2005; PROPOLIS, 2004; Soberanis, 2010; TRB, 2002)
	کاهش محرومیت اجتماعی	دسترسی افراد حومه شهر به امکانات مراکز اصلی شهر	(Oxera, 2005; PROPOLIS, 2004; Wee and Geurs, 2011)
	تنوع در گزینه‌های حمل و نقلی	وجود گزینه‌های مختلف برای حمل و نقل در شرایط اضطراری	(Bakker and Zwaneveld, 2009; Litman, 2007, 2013; Oxera, 2005; TRB, 2002)
	آلودگی هوا	تأثیر بر کاهش آلودگی‌های حاصل از استفاده از وسایل نقلیه و لذا کیفیت هوا	(Bakker and Zwaneveld, 2009; Eijgenraam et al. 2000; Hidalgo et al. 2013; Kjerkreit, 2008; Litman, 2007, 2013; Odgaard et al. 2005; OECD, 2002; Oxera, 2005; PROPOLIS, 2004; Sammar et al. 2004; Soberanis, 2010; TRB, 2002)
	آلودگی صوتی	تأثیر بر آلودگی‌های صوتی حاصل از وسایل نقلیه	(Bakker and Zwaneveld, 2009; Eijgenraam et al. 2000; Kjerkreit, 2008; Odgaard et al. 2005; OECD, 2002; Oxera, 2005; PROPOLIS, 2004; Sammar et al. 2004; TRB, 2002)
محیطی	مدیریت ترافیک	تأثیر بر کاهش تراکم وسایل نقلیه و بر زمان سفر سایر وسایل نقلیه	(Eijgenraam et al. 2000; Litman, 2007, 2013; Odgaard et al. 2005; OECD, 2002; Oxera, 2005; TRB, 2002)
	ایمنی	کاهش میزان تصادفات در نتیجه اجرا سامانه BRT	(Annema et al. 2012; Bakker and Zwaneveld, 2009; Eijgenraam et al. 2000; Hidalgo et al. 2013; Kjerkreit, 2008; Litman, 2007; Nijland et al. 2010; Odgaard et al. 2005; Oxera, 2005; PROPOLIS, 2004; Sammar et al. 2004; TRB, 2002)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که توسط ساعتی در سال ۱۹۷۰ ارائه گردید. این روش با استفاده از یک شبکه سیستمی و ضوابط و معیارهای چندگانه با ساختارهای چند سطحی اولویت‌دار، برای رتبه‌بندی یا تعیین اهمیت گزینه‌های مختلف یک فرآیند تصمیم‌گیری پیچیده، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اساس روش AHP، آلترناتیوها و معیارهای تصمیم‌گیری است که برای مقایسه دودویی بین معیارها و گزینه‌ها طراحی شده است. در واقع، در تحلیل داده‌ها به روش AHP نخستین مرحله تشکیل ماتریس مقایسه زوجی است. این ماتریس یک ماتریس  $n \times n$  بوده که  $n$  تعداد عنصری است که مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. عناصر هر سطر سپس نسبت به هر یک از عناصر بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها مقایسه می‌شود که به آن وزن نسبی می‌گویند. با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود. مقایسات زوجی معمولاً بر مبنای اعداد ۱ (اهمیت یکسان) تا ۹ (اهمیت کاملاً مهم‌تر) که نشان‌دهنده میزان تفاوت می‌باشند، انجام می‌گردد. لازم به توضیح است که بررسی سازگاری قضاوت‌ها از طریق محاسبه ضریب سازگاری<sup>۱</sup> در حین انجام مقایسات زوجی انجام می‌پذیرد. حداکثر مقدار قابل قبول این ضریب ۰/۱ می‌باشد که در صورت تجاوز از آن، قضاوت می‌بایست مجدداً صورت پذیرد. مقایسه اولویت‌گرفته‌ها، براساس امتیازات به دست آمده صورت می‌پذیرد. گزینه دارای بیشترین امتیاز، بالاترین اولویت و گزینه دارای کمترین امتیاز، پایین‌ترین اولویت را خواهد داشت (Saaty and Peniwati, 2013: 219).

#### ۴. یافته‌ها

پس از ایجاد درخت تصمیم‌گیری در نرم‌افزار EXPERT CHOICE و ورود اطلاعات جمع‌آوری شده از پرسشنامه در قالب مقایسه‌های زوجی، نرخ ناسازگاری هر ماتریس برای اطمینان از پایایی پرسشنامه محاسبه شد. اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، ماتریس به عنوان سازگار پذیرفته می‌شود. یعنی خبرگان در مقایسه‌های زوجی دقت لازم را داشته‌اند. همان‌طور که اطلاعات جدول شماره ۲ نشان می‌دهد، نرخ سازگاری تمامی پرسشنامه‌های AHP مورد بررسی در این مطالعه از ۰/۱ کمتر می‌باشد.

#### جدول شماره ۲: نرخ ناسازگاری معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی کارایی سامانه اتوبوس‌های تندرو (BRT) شهر مشهد

معیار	نرخ ناسازگاری (CR)
اقتصادی مستقیم	۰/۰۵
منافع کاربران	۰/۰۳
محیطی	۰/۰۱
اقتصادی غیرمستقیم	۰/۰۳

در ادامه، نتایج حاصل از اولویت‌بندی معیارهای بررسی شده در ارزیابی کارایی سامانه BRT به همراه وزن هر اولویت (جدول شماره ۳) و نیز زیرمعیارهای استفاده شده در هر معیار (جدول

شماره ۴ تا ۷) ارائه می‌شود. وزنی که هر معیار در این جداول به خود اختصاص داده، نشان‌دهنده میزان تأثیر آن معیار در شرایط کنونی حمل‌ونقل شهر مشهد است. همان‌گونه که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌گردد، معیار منافع کاربران با وزن ۰/۴۲۶، دارای بیشترین اهمیت، معیارهای محیطی (وزن ۰/۳۷۷) و اقتصادی غیرمستقیم (وزن ۰/۱۰۸) در سطح میانی و معیار اقتصادی مستقیم (وزن ۰/۰۸۹) در اولویت پایین اهمیت در کارایی سامانه BRT شهر مشهد از نظر خبرگان قرار گرفته است.

#### جدول شماره ۳: وزن معیارهای مؤثر در ارزیابی کارایی سامانه اتوبوس‌های تندرو (BRT) شهر مشهد

معیار	وزن
منافع کاربران	۰/۴۲۶
محیطی	۰/۳۷۷
اقتصادی غیرمستقیم	۰/۱۰۸
اقتصادی مستقیم	۰/۰۸۹

در بین شاخص‌های مختلف معیار "منافع کاربران"، صرفه‌جویی در هزینه (۰/۲۶۵)، کاهش زمان سفر (۰/۲۵۵) و راحتی (۰/۱۳۴) سه اولویت اصلی شناسایی شدند (جدول شماره ۴). به عبارت دیگر، عملکرد سامانه BRT با بهبود شیوه‌های حمل‌ونقل به گونه‌ای که باعث افزایش رفاه مصرف‌کنندگان، قدرت خرید و نیز صرفه‌جویی در زمان سفر آنها را به همراه داشته باشد، مصداق افزایش سطح عدالت اجتماعی و توسعه پایدار است.

#### جدول شماره ۴: نتایج وزن نسبی زیرمعیارهای "منافع کاربران" در ارزیابی کارایی BRT

زیرمعیار	وزن نسبی
صرفه‌جویی در هزینه	۰/۲۶۵
کاهش زمان سفر	۰/۲۵۵
راحتی	۰/۱۳۴
کاهش محرومیت اجتماعی	۰/۱۲۶
کاهش استهلاک وسیله نقلیه شخصی	۰/۱۱۴
تنوع در گزینه‌های حمل‌ونقلی	۰/۱۰۶

در بعد زیرمعیارهای محیطی، نتایج جدول شماره ۵ نشان می‌دهد، زیرمعیار سلامت و ایمنی با وزن نسبی ۰/۴۳۷ مهم‌ترین نقش را در ارزیابی عملکرد BRT از بعد آثار جانبی دارد و پس از آن آلودگی هوا (با وزن نسبی ۰/۳۰۵) دارای اهمیت می‌باشد. به اعتقاد کارشناسان، انتظار می‌رود عملکرد مثبت سامانه BRT، به کاهش تعداد وسایل نقلیه، کاهش تصادفات و هزینه‌های ترافیکی منجر شود. همچنین با مصرف انرژی کمتر، سیستم حمل‌ونقل BRT، اتلاف منابع سوخت‌های فسیلی کمتری صورت گرفته و به تبع آن آلودگی کمتری در مقایسه با اتومبیل شخصی ایجاد می‌شود.

#### جدول شماره ۵: نتایج وزن نسبی زیرمعیارهای "محیطی" در ارزیابی کارایی BRT

زیرمعیار	وزن نسبی
سلامت و ایمنی	۰/۴۳۷
آلودگی هوا	۰/۳۰۵
مدیریت ترافیک	۰/۱۶۲
آلودگی صوتی	۰/۰۹۶

زیرمعیار اشتغال که اشتغال مستقیم در فرآیند احداث و اشتغال غیرمستقیم در نتیجه افزایش تقاضا برای فروشگاه‌ها، رستوران‌ها و غیره را در بر می‌گیرد، بیشترین وزن نسبی (۰/۴۵۴) را در بین زیرمعیارهای مختلف معیار "اقتصادی غیرمستقیم" به خود اختصاص داده است (جدول شماره ۶). تجمیع مسافران که باعث شکل‌گیری مراکز خرید و خدماتی در مسیر این سامانه می‌شود و نیز اشتغال مستقیم حاصل از فعالیت‌های خدماتی اجرای این سامانه، از مواردی است که توجه به آن در ارزیابی عملکرد سامانه BRT از بعد توسعه پایدار شهری ضرورت دارد. همچنین کاهش احداث پارکینگ، شاخص دیگر دارای اولویت دار تشخیص داده شد. سیستم‌های حمل و نقل عمومی همچون BRT در مقایسه با وسایل نقلیه شخصی، زمین کمتری را برای احداث خیابان و بزرگراه طلب می‌کنند و این موضوع به ویژه در شهری مانند مشهد که با رشد جمعیت شهری و نیز زائر مواجه است، شیوه مناسبی برای رسیدن به اهداف توسعه شهری پایدار خواهد بود.

جدول شماره ۶: نتایج وزن نسبی زیرمعیارهای "اقتصادی غیرمستقیم" در ارزیابی کارایی BRT

زیرمعیار	وزن نسبی
اشتغال	۰/۴۵۴
کاهش احداث پارکینگ	۰/۲۸۸
اختلال‌های ناشی از ساخت	۰/۱۴۷
افزایش ارزش زمین مجاور	۰/۱۱۱

در بین زیرمعیارهای "اقتصادی مستقیم" (جدول شماره ۷)، هزینه ساخت با وزن نسبی ۰/۵۹۵، از اهمیت بیشتری در مقایسه با هزینه‌های عملکردی با وزن نسبی ۰/۵۹۵ در کارایی BRT برخوردار است. در این ارتباط، اتخاذ سیاست‌های مالی از سوی مسئولان شبکه BRT در شهرهای جهان برای این منظور، گویای نقش هزینه‌های احداث این شبکه حمل و نقلی در توسعه آینده آن است.

جدول شماره ۷: نتایج وزن نسبی زیرمعیارهای "اقتصادی مستقیم" در ارزیابی کارایی BRT

زیرمعیار	وزن نسبی
هزینه ساخت	۰/۵۹۵
هزینه‌های عملکردی	۰/۴۰۵

پس از تعیین وزن نسبی معیارهای کلی و زیرمعیارها، وزن نهایی هر یک از شاخص‌های مختلف مؤثر در ارزیابی BRT محاسبه شده است که نتایج آن در جدول شماره ۸ آورده شده است. نرخ ناسازگاری محاسبه شده برای این مقایسه برابر ۰/۰۷ به دست آمد که حاکی از سازگاری در مقایسه‌ها و اعتبار پاسخ‌ها می‌باشد. براساس نتایج این جدول، صرفه‌جویی در هزینه دارای بیشترین اهمیت در ارزیابی عملکرد BRT از نظر خبرگان است. چرا که کاهش هزینه‌های مربوط به وسائل نقلیه و سوخت مصرف‌کنندگان، باعث جهت‌گیری این مبالغ به حوزه‌های دیگر مصرفی می‌شود که در یک پروسه درازمدت موجب تحقق بیشتر اهداف توسعه پایدار شهری خواهد شد. پس از صرفه‌جویی در هزینه، زیرمعیارهای کاهش زمان سفر (با وزن ۰/۱۴۳)، سلامت و ایمنی (با وزن ۰/۱۳۳)

و آلودگی هوا (با وزن ۰/۰۹۲) در رتبه‌های بعدی اهمیت در ارزیابی کارایی BRT در شهر مشهد ارزیابی شده‌اند.

جدول شماره ۸: نتایج وزن نهایی هر یک از زیرمعیارهای مؤثر در ارزیابی کارایی BRT

ردیف	زیرمعیار	وزن نسبی
۱	صرفه‌جویی در هزینه	۰/۱۴۹
۲	کاهش زمان سفر	۰/۱۴۳
۳	ایمنی	۰/۱۳۲
۴	آلودگی هوا	۰/۰۹۲
۵	راحتی	۰/۰۷۵
۶	کاهش محرومیت اجتماعی	۰/۰۷۱
۷	کاهش استهلاک وسیله نقلیه شخصی	۰/۰۶۴
۸	تنوع در گزینه‌های حمل و نقلی	۰/۰۶۰
۹	مدیریت ترافیک	۰/۰۴۹
۱۰	اشتغال	۰/۰۳۸
۱۱	هزینه ساخت	۰/۰۳۱
۱۲	آلودگی صوتی	۰/۰۲۹
۱۳	کاهش احداث پارکینگ	۰/۰۲۴
۱۴	هزینه اجرای سیستم	۰/۰۲۱
۱۵	اختلال‌های ناشی از ساخت	۰/۰۱۲
۱۶	افزایش ارزش زمین‌های مجاور	۰/۰۰۹

#### ۵. جمع بندی

بی‌شک حمل و نقل پایدار، کلید اصلی حفظ محیط زیست و افزایش رفاه شهروندان و زائران شهر مشهد است. در این راستا، سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌ها باید در جهت استفاده از تمام امکانات و فرصت‌های موجود برای ساماندهی این سیستم صورت گیرد. در سال‌های اخیر، مدیران شهری مشهد، راه‌حلی را برای مقابله با معضلات ترافیکی و حمل و نقل شهری این کلانشهر ارائه داده‌اند که احداث BRT یکی از آنها می‌باشد. در این مقاله کوشش گردیده است تا با بهره‌گیری از ادبیات موجود در زمینه ارزیابی عملکرد این سامانه و دانش کارشناسان و خبرگان این صنعت، به این سؤال پاسخ داده شود که مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی BRT کدامند و اولویت‌بندی آنها چگونه است؟ تا بر این اساس بتوان مبنایی مستدل برای ارزیابی تصمیم‌سازی در مورد توسعه یا عدم توسعه این سامانه ارائه داد. برای دستیابی به این امر، ابتدا با استفاده از شاخص‌های استخراج شده از مطالعات مربوط به ارزیابی سامانه‌های حمل و نقل عمومی و نیز سامانه BRT به طور خاص، چهار گروه عمده شاخص‌های اقتصادی مستقیم، اقتصادی غیرمستقیم، منافع کاربران و آثار زیست‌محیطی انتخاب شد. سپس با به کارگیری روش AHP و بهره‌گیری از نظرات ۱۵ تن از خبرگان حوزه حمل و نقل مشهد، برای ارزیابی چهار معیار و ۱۶ زیرمعیار معرفی شده، گزینه‌های مورد نظر اولویت‌بندی شدند.

یافته‌های این مطالعه نشان داد که در شهر مشهد، از دیدگاه کارشناسان، شاخص‌های رفاهی و منافع کاربران در حوزه حمل و نقل دارای نواقص و مشکلات زیادی بوده که در اولویت اصلی برای بسترسازی پایداری در سامانه‌هایی چون BRT در این شهر است. در بین زیرمعیارهای مختلف مربوط به منافع



## References

- Abdi, M.H., Farughi, F., Rahimi Kak Jub, A. (2013). Measuring the efficiency of the public transportation system in Yazd, Journal of Tahghighat e Karbordi e Olum e Joghrafiyayi, 13 (30), 229-250. [In Persian]
- Annema, J.A., Van der beek, N., Bulthuis, O., Jansen, J. (2012). Ex-Post Evaluation of six Provincial road Projects, Journal of Transportation Science. Vol. 48, No. 3, p. 3-15.
- Bakker, P., Zwaneveld, P. (2009). The Importance of public Transport: The Societal Impacts in a row. CBP Special Publication 78. CBP Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.
- Baltes, M. (2003). The importance customers place on specific service elements of bus rapid transit, Journal of Public Transportation. Vol. 6, No.4, p: 1-19.
- Beyti, H., Panahi, S., Salimi, M. (2014). The Analysis of BRT System and the Measurement of Social and Economical Impacts of Environmental Issues of Tabriz Mega-city. Journal of Joghrafiya va Barnameh Rizi, 18 (49), 19-53. [In Persian]
- Currie, G. (2005). The Demand Performance of Bus Rapid Transit, Journal of Public Transportation, Vol. 8, No. 1, p. 41-55.
- EEA. (2008). Climate for a transport change: Indicators tracking transport and environment in the European Union, London, European Environment Agency Press.
- Eichhorst, U. (2009). Adapting urban transport to climate change, Germany Federal Ministry.
- Eijgenraam, C.J.J., Koopmans, C.C., Tang, P.J.G., Verster, A.C.P. (2000). Evaluation of infrastructure guidance for CBA. CPB Special publication 22. CPB Netherlands. Bureau for economic policy analysis.
- Faraji Malayi, A., Azimi, A., (2012). Urban public transportation sustainability aspects with an emphasis on BRT, 11<sup>th</sup> International Conference on Traffic and Transportation Engineering, Tehran, Iran. [In Persian]
- Feitelson, E. (2002). Introducing environmental equity dimension into the sustainable transport discourse: issues and pitfall, Journal of Transportation Research, Vol. 7, p. 99-118.
- Gospadini, A. (2005). Urban development,

کاربران، زیرمعیار صرفه جویی در هزینه دارای بیشترین وزن است. چراکه در حال حاضر، بروز مسائل اقتصادی مختلف در شهرهایی چون مشهد، منجر به مطرح شدن سیستم اتوبوس تندرو به عنوان راهکاری بهینه برای صرفه جویی های اقتصادی و کاهش هزینه های زندگی در ابعاد مختلف شده است. یافته های مطالعه فرجی ملائی و همکاران نیز در بررسی ابعاد پایداری حمل و نقل عمومی شهری، با تأکید بر BRT در شهر تهران، گویای این واقعیت است که سیستم اتوبوس تندرو باعث کاهش هزینه های زندگی در شهرهایی چون تهران می شود. در بحث شاخص محیطی، زیرمعیار ایمنی و پس از آن آلودگی هوا، حائز بیشترین وزن گردیدند (Faraji Malayi et al., 2012). مطالعه صلواتی و آقاها نیز افزایش ایمنی در سیستم BRT شهر اصفهان را نیز تأیید می کند (Salavati & Aghaha, 2013). عمران زاده و همکاران نشان دادند ایمنی مهم ترین مؤلفه مورد نظر در ارزیابی کارایی سیستم BRT از دیدگاه مسافران این سیستم در شهر تهران بوده است (Omran Zadeh et al., 2010). بالتیس نیز با بررسی شاخص های مختلف مؤثر در رضایت مندی مسافران از سیستم اتوبوس تندرو در دو شهر میامی و اورلاندو، به این نتیجه رسیده است که میزان رضایت مشتریان از سیستم اتوبوس تندرو تا حد زیادی به شاخص های ایمنی و آسایش بستگی دارد. مطالعه کریاسی و همکاران در شهر تهران نشان داد که بارزترین مؤلفه مؤثر در کارایی اجرای طرح BRT در این شهر، کاهش هزینه های اجتماعی ناشی از انتشار کم آلاینده هاست (Karbas, 2011). در نهایت این که در بحث زیرمعیارهای اقتصادی غیرمستقیم و مستقیم، توجه به میزان اشتغال ایجاد شده و هزینه احداث با اهمیت بیشتری از سوی کارشناسان شناخته شد. در مجموع می توان گفت، با توجه به نتایج پژوهش نقاط ضعف اصلی حمل و نقل شهری مشهد از دیدگاه کارشناسان در راستای دستیابی به پایداری حمل و نقل BRT در قسمت شاخص های پایداری منافع کاربران و شاخص محیطی و به صورت جزئی تر در متغیرهایی که وزن های بیشتری را کسب کرده اند، می باشد که برنامه ریزی ها و سیاست گذاری ها در وهله نخست بایستی در این راستا تنظیم و تدوین گردند.

شاخص های بیان شده می توانند برای رسیدن به اهداف توسعه پایدار و ارائه اطلاعاتی مفید و سازنده به منظور ارزیابی پایداری پروژه های احداث BRT در مراحل ساخت، بهره برداری و نیز بررسی اعمال سیاست ها و تصویب و اجرای قوانین مختلف بر چگونگی تغییر این شاخص ها راهگشا باشند. همچنین پیشنهاد می شود تعیین شاخص های پایداری برای زیربخش های مختلف به عنوان یک ضرورت مورد توجه محققان و مسئولان واقع گردد و دستیابی به اهداف توسعه پایدار به عنوان یک اصل اساسی در سیاست گذاری آنها واقع شود. در نهایت این که پیشنهاد می گردد در تحقیقات جداگانه و تکمیلی به بررسی و مقایسه نظرات کاربران این سامانه و سیاست گذاران عرصه حمل و نقل پرداخته شود.

## سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی معاونت آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربت حیدریه انجام شده است.

- on Traffic Management, Tehran, Iran. [In Persian]
- Nijland, H., De Hartog, J., Boogaard, H. & Hoek, G. (2010). Do the health benefits of cycling outweigh the risks? *Environmental Health Perspectives* 118, 1109-1116.
  - Noruzi Avargani, A. (2014). Performance evaluation and satisfaction measurement of the bus rapid transit (BRT) system in the metropolis of Isfahan. *Journal of Barnameh Rizi e Fazayi (Joghrafiyayi)*. 4 (1), 143-168. [In Persian]
  - Odgaard, T., Kelly, C., Laird, J. (2005). Current practice in project appraisal in Europe: Analysis of Country reports. Association for European Transport.
  - Omran Zadeh, B., Gharakhlou, M., Pur Ahmad, A. (2010). Evaluation and analysis of the efficiency of the BRT system and its general satisfaction in Tehran metropolitan. *Journal of Pazhuhesh haye Joghrafiyayi e Ensani*, 42 (73), 19-38. [In Persian]
  - Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2002). *OECD Guidelines towards Environmentally Sustainable Transport*, OECD Publishing, Paris.
  - Ostadi-Jafari, M., Heidari Meyabadi, H.R., (2012). Utilization of indicator-based model to sustainable national transportation assessment, 11<sup>th</sup> International Conference on Traffic and Transportation Engineering, Tehran, Iran. [In Persian]
  - Oxera, A. (2005). How should the ex post evaluation of trunk road schemes be enhanced? Oxford, UK: Oxera Consulting Ltd.
  - Polzin, S.E. & Baltus, M.R. (2002). *Bus Rapid Transit: A Viable Alternative?*, *Journal of Public Transportation*, Vol. 5, No. 2, p. 47-69.
  - Preston, J. & Wall, G.T. (2008). The Ex-ante and Ex-post Economic and Social Impacts of the Introduction of High-speed Trains in South East England, *Journal of Planning Practice and Research*, Vol. 23, No. 2, p. 403-422.
  - PROPOLIS. (2004). *Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability*. Helsinki: LT Consultants.
  - Pur Ahmad, A., Omran Zadeh, B. (2012). Evaluation and presentation of strategies for developing the BRT system in Tehran metropolis using the SWOT model. *Journal of Pazhuhesh va*
  - redevelopment and regeneration encouraged by transport infrastructure projects: The case study of 12 European cities, *Journal of European Planning Studies*, Vol. 13, No. 7, p. 1083-1111.
  - Hidalgo, D., Pereira, L., Estupinan, N., Jimenez, P.L. (2013). TransMilenio BRT system in Bogota, high performance and positive impact – Main results of an ex-post evaluation, *Journal of Research in Transportation Economics*, Vol. 39, No. 1, p. 133-138.
  - Holmgren, J. (2013). The efficiency of public transport operations: An evaluation using stochastic frontier analysis, *Journal of Research in Transportation Economics*, Vol. 39, No. 1, p. 50-57.
  - Hugh, B. (2000). *Sustainable communities: The potential for eco-neighborhoods*. London, Earth Scan Publications.
  - Joumard, R. & Nicolas.j. (2010). Transport project assessment methodology within the framework of sustainable development, *Journal of Ecological Indicators*, Vol. 10, p. 136-142.
  - Karbasi, A.R., Khashayi Pur, M., Salehi, F., Rashidi, R. (2011). Role of BRT in social cost reduction associated with air pollution and fuel consumption, *Journal of Sharif- Mohandesi e Omran*, 27-2 (3), 33-40. [In Persian]
  - Kjerkreit, A., Odeck, J., Sandvik, K.O., (2008). Post opening evaluation of road investment projects in Norway: how correct are the estimated future benefits. *Proceeding of 36th European Transport Conference*, Barcelona, Spain, P. 16.
  - Litman, T. (2007). Evaluating rail transit benefits: A comment, *Journal of Transport Policy*, Vol. 15, No. 1, p. 94-97.
  - Litman, T. (2013). *Evaluating Public Transit Benefits and Costs: Best Practices Guidebook*. Victoria Transport Policy Institute, Canada.
  - Mashhad Municipality, Mashhad traffic and transportation organization. (2017). *Mashhad transportation statistics*. Mashhad: Mashhad Municipality. [In Persian]
  - Mohan, D. (2005). *Public Transportation Systems for Urban Areas: A Brief Review*, Indian Institute of Technology Delhi.
  - Moharam Nejad, N., Ahmadi, M., (2006), *Urban sustainable transportation*, 3<sup>rd</sup> Regional Conference

- Turton, T. (2006). Sustainable global automobile transport in the 21st century: An integrated scenario analysis. *Journal of Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 73, p. 607-629.
- Wee, B. van. Geurs, K.T. (2011). Discussing equity and social exclusion in accessibility evaluations, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, Vol. 11, No. 4, p. 350-367.
- Weihua, Z., Huapu, L., Zhijun, G. & Qiang, L. (2005). Study on Method Evaluation Bus Rapid Transit (BRT) Scheme, *Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, p. 390-403.
- Yazici, AM., Lenvinson, H.S., Ilicali, M., Comhsen, N. & Kamga, C.N. (2013). A bus rapid transit line case study: Istanbul's Metrobus system, *Journal of Public Transportation*, Vol. 16, No. 1, p. 153-177.
- Barnameh Rizi e Shahri, 3 (11), 17-36. [In Persian]
- Saaty, T.L. & Peniwati, K. (2013). Group decision making: drawing out and reconciling differences. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.
- Saghaee, M., Sadeghi, M., Aghili, N. (2104). Evaluation of the bus rapid transit (BRT) system performance in Isfahan metropolis from citizen's point of view. *Journal of Amayesh e Joghrafiyayi e Faza*, 4 (11), 19-40. [In Persian]
- Salavati, A.R., Aghaha, T., (2013). Increased safety and efficiency in high-speed bus system (Case study: Line one of Isfahan's BRT system), 12<sup>th</sup> International Conference on Traffic and Transportation Engineering, Tehran, Iran. [In Persian]
- Salehi, F., Karbasi, A.R., Khashayi Pur, M., (2012). The effectiveness of line 10 of high-speed buses to reduce air pollution and social costs, 11<sup>th</sup> International Conference on Traffic and Transportation Engineering, Tehran, Iran. [In Persian]
- Sammar, G., Klementschtz, R., Hossinger, R. & Roider, O. (2004). TRANSECON urban transport and local Socio-Economic development (Applied Research). Institute for Transport Studies. BOKU Research units, Vienna.
- Sedigh Bavar, M., Hadighe Javani, M., (2011). Evaluation and analysis of the performance of the bus rapid transit (BRT) system in metropolitan areas by AIMSUN software, 11<sup>th</sup> International Conference on Traffic and Transportation Engineering, Tehran, Iran. [In Persian]
- Soberanis, V. R. (2010). The practice of cost-benefit Analysis in the Transport Sector: a mexican perspective, Discussion Paper No. 2010-18. OECD Publishing, Paris.
- Soltani, A. (2013). Essays on urban transportation with an emphasis on sustainable approach. Shiraz: Shiraz University. [In Persian]
- Steg .L. & Gifford. R. (2005). Sustainable transport of quality of life, *Journal of Transport geography*, Vol. 13, p. 59-69.
- Transportation Research Board (TRB). (2009). Benefit/Cost Analysis Of Converting A Lane For Bus Rapid Transit. NCHRP Research Results Digest 336, TRB Publications.