

بررسی حمل و نقل عمومی و ارزیابی خطوط اتوبوس تندرو کلانشهر اصفهان مطابق با استاندارد BRT ۲۰۱۶

مهدي اله دادی - دکتری، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران.
علی شمعی^۱ - دانشیار، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران.
فرزانه ساسانیپور - دانشیار، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۳۰

چکیده

امروزه به کارگیری و توسعه سیستم‌های حملونقل عمومی راهکاری مناسب برای کاهش ترافیک شهری محسوب می‌گردد. اما انتخاب سیستم باید متناسب با ویژگی‌های شهر و البته قابل رقابت با وسایل نقلیه شخصی باشد تا بتواند مطلوبیت کافی را برای استفاده‌کنندگان به ارمغان آورد. در این مطالعه مشکلات موجود در سیستم حمل و نقل اتوبوس شهری از دیدگاه استفاده‌کنندگان بررسی و مشخص شد که مهم‌ترین مشکل خطوط اتوبوسرانی کلانشهر اصفهان به ترتیب، عدم اطمینان و رعایت زمانبندی حرکت ناوگان، زمان سفر زیاد به دلیل سرعت پایین ناوگان، مدت زمان فعالیت و سرویس دهی، شلوغی ناوگان و سرفاصله زمانی بالاست که راهکار اصلی رفع آن، تخصیص مسیر ویژه به ناوگان اتوبوس شهری یا به عبارتی تبدیل خطوط معمولی اتوبوس شهری به اتوبوس تندرو است. در این پژوهش که از نوع کاربردی است از ترکیب روش‌های توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. اهداف اصلی این پژوهش: تعیین جایگاه سامانه اتوبوس تندرو کلانشهر اصفهان طبق استاندارد BRT 2016 ارائه شده به وسیله مؤسسه ITDP و تعیین امتیاز خطوط، تعیین سطح رضایتمندی استفاده‌کنندگان با انجام نظرسنجی و همچنین شناخت نقاط ضعف و قوت سیستم از این دو دیدگاه است. نتایج نشان می‌دهد که امتیاز متوسط خطوط اتوبوس تندرو شهر اصفهان زیر استاندارد برنزی قرار دارد و بیشترین امتیاز کسب شده در معیار مربوط به ایستگاه‌ها و کمترین امتیاز در معیار مربوط به استفاده از تجهیزات ارتباطی بوده است. ولی از نگاه استفاده‌کنندگان، خطوط اتوبوس تندرو توانسته ۷۴ درصد از امتیاز گروه شاخص‌های مختلف را به دست آورد و به ترتیب ۲۱ و ۱۳ درصد از استفاده‌کنندگان خودروی شخصی و مسافران تاکسی را جذب خود کند. مهم‌ترین دلایل مسافران برای استفاده از خطوط اتوبوس تندرو به ترتیب سرعت خوب، نظم زمانی اتوبوس‌ها و راحتی و آسایش عنوان شده است.

واژگان کلیدی: حملونقل عمومی، اتوبوس تندرو، استاندارد BRT، ارزیابی رضایتمندی، شهر اصفهان.

حمل و نقل عمومی در شهر اصفهان است که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. اتوبوس شهری به دو نوع معمولی و تندرو قابل تقسیم است. اتوبوس معمولی به دلیل تردد مشترک با سایر وسایل نقلیه در معابر پر ترافیک و کم بودن قدرت مانور و سرعت آن نسبت به خودروی شخصی از مقبولیت کمتری برخوردار است که در اتوبوس تندرو به دلیل تخصیص مسیر ویژه این مشکل به خوبی مرتفع شده است. از مزایای دیگر اتوبوس تندرو نسبت به اتوبوس معمولی، زمان سفر کمتر، حذف یا کاهش بازه تأخیر زمانی در رسیدن اتوبوس و بهبود رعایت زمان بندی در برنامه حرکت ناوگان، کاهش مدت زمان انتظار در ایستگاه به خاطر کاهش سرفاصله زمانی حرکت ناوگان، کاهش مدت زمان توقف در ایستگاه‌ها و زمان تبادل مسافر به خاطر پیش پرداخت شدن کرایه و همسطح شدن سکوی سوار شدن مسافر با کف اتوبوس و افزایش کیفیت ساخت و راحتی مسافر را می‌توان نام برد.

در شهر اصفهان طی چند سال اخیر راهکار ارتقای خطوط اتوبوس معمولی به تندرو به کار گرفته شده و توانسته بسیاری از مسائل و مشکلات مربوطه را مرتفع نماید. از جمله مشکلات اتوبوس معمولی در شهر اصفهان از دیدگاه مسافران، مدت طولانی زمان انتظار در ایستگاه‌ها، تأخیر و عدم اطمینان از زمان دقیق رسیدن اتوبوس، شلوغی و نامناسب بودن تهویه و سیستم سرمایش و گرمایش اتوبوس عنوان شده است. از منظر شهری نیز مسائل و مشکلات ناوگان اتوبوسرانی همچون افزایش سن و فرسودگی ناوگان، آلودگی صوتی و زیست محیطی و عدم استقبال و کارایی پایین و کمتر از ظرفیت سیستم اتوبوس معمولی، نشان از لزوم ایجاد تغییر و بهینه‌سازی سیستم فعلی داشته است (Sfahan University). (of Technology Consultants, 2012) به همین منظور سامانه اتوبوس تندرو^۲ با هدف کاستن از مسائل و مشکلات حمل و نقل عمومی با دورویکرد کاهش مطلوبیت استفاده از خودروی شخصی (با کاهش عرض معابر در دسترس خودروی شخصی) و افزایش مطلوبیت و رفع مشکلات اتوبوس معمولی راه اندازی شده است. اما صرف ایجاد خطوط اتوبوس تندرو راهکار نبوده بلکه بایستی این سیستم دارای سطح کیفی بالا باشد و به بهترین نحوه بهره‌برداری برسد. به همین دلیل ارزیابی عملکرد و تعیین جایگاه سیستم اتوبوس تندرو طبق استاندارد مربوطه و همچنین تعیین سطح رضایتمندی استفاده‌کنندگان به منظور ارتقای کیفیت این سیستم از اهمیت بالایی برخوردار است. این پژوهش نیز با هدف شناخت بهتر سیستم اتوبوس تندرو شهر اصفهان و همچنین نقاط ضعف و قوت آن از منظر استاندارد مربوطه و استفاده‌کنندگان و ارائه راهکار برای مرتفع نمودن مشکلات صورت پذیرفته است.

۲. چارچوب نظری

در ابتدای این بخش تعاریف برخی اصطلاحات، نتایج راه اندازی اتوبوس تندرو در دیگر کشورها و مطالعات مربوط به سامانه اتوبوس تندرو شهر اصفهان ارائه شده است.

مناطق شهری و به خصوص کلانشهرها با جذب جمعیت و فعالیت تبدیل به مراکز اصلی خدمات، تجارت، تولید، مصرف و سکونت شده‌اند (Asia Urbans, 2008). رشد شهرنشینی موجب افزایش تقاضای جابه‌جایی در مناطق شهری و در نتیجه افزایش حجم وسایل نقلیه به ویژه خودروی شخصی در شبکه معابر شهری شده است. این موضوع دلیل اصلی مشکلاتی از قبیل افزایش زمان سفر و تأخیرها، افزایش تلفات جانی و مالی ناشی از تصادفات، افزایش مصرف سوخت و به دنبال آن افزایش آلودگی زیست محیطی و صوتی است. بدین منظور گزینه راه‌اندازی و توسعه حمل و نقل عمومی راهکاری کارا، مؤثر، مطمئن و ارزان قیمت محسوب می‌گردد که موجب پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌شود (Olufemi, 2008).

امروزه دو راهکار کلی مدیریت تقاضای سفر^۱ و مدیریت عرضه^۲ به منظور برون رفت از مشکلات حمل و نقل و ترافیک در شهرها به کار گرفته می‌شود. مدیریت تقاضای سفر به مجموعه اقداماتی گفته می‌شود که موجب حذف یا تغییر (در زمان و مکان) تقاضای سفر افراد گردد. از جمله اقدامات در این خصوص می‌توان به توزیع مناسب کاربری‌ها و خدمات در سطح شهر، استفاده از دورکاری، تغییر در ساعات کاری و تعریف زمان کاری انعطاف‌پذیر، اولویت‌دهی به خودروهای پرسرنشین، مدیریت پارکینگ، محدوده طرح ترافیک و زوج و فرد اشاره کرد (Naderan, 2011).

مدیریت عرضه، مجموعه اقداماتی است که موجب استفاده بهینه از تسهیلات عرضه حمل و نقل می‌شود. با توجه به افزایش تقاضا از یک سو و محدودیت عرضه موجود و هزینه‌بر بودن توسعه زیرساخت‌ها از سوی دیگر، بهترین راه حل، مدیریت و استفاده بهینه از امکانات و زیرساخت‌های موجود به منظور افزایش ظرفیت عرضه برای پوشش دهی سهم بیشتری از تقاضاست. ضمن این که مطالعات متعدد طی چند دهه اخیر ثابت کرده است که توسعه و تعریض شبکه معابر برخلاف تصور از حجم و شدت ترافیک نمی‌کاهد بلکه تقاضا نیز همپای عرضه رشد می‌کند و به اصطلاح عرضه تقاضا می‌آورد. یکی از راهکارهای مؤثر در این خصوص، تغییر نوع وسایل نقلیه از وسایل نقلیه کم ظرفیت (همچون خودروی سواری) به سمت وسایل نقلیه پر ظرفیت (همچون وسایل حمل و نقل عمومی) است. استفاده از خودروی شخصی علاوه بر کاهش ظرفیت جابه‌جایی تقاضا به وسیله شبکه معابر در واقع حل مسئله حمل و نقل با بیشترین هزینه و مصرف سوخت است و به تبع آلودگی محیط زیست، سلامت جسمی و روانی و سایر مسائل و مشکلات ناشی از آن نیز افزایش می‌یابد.

با توجه به رقابت بین دو گزینه حمل و نقل عمومی و خودروی شخصی، افزایش مطلوبیت حمل و نقل عمومی از جایگاه بسزایی برخوردار است. افزایش مطلوبیت حمل و نقل عمومی با دورویکرد ایجاد ارتقا در نوع سیستم و انجام بهبود در قابلیت‌های سیستم فعلی ممکن می‌شود. سیستم اتوبوس شهری یکی از ارکان اصلی

1 Travel Demand Management (TDM)

2 Supply (Facility) Management

3 Bus Rapid Transit (BRT)

درصدی در تعداد ناوگان اتوبوس، افزایش سرعت متوسط از ۱۳ به ۲۴ کیلومتر بر ساعت، کاهش ۵ درصدی در زمان سفر و افزایش میزان رضایتمندی استفاده‌کنندگان از ۲۲ به ۵۰ بوده است (de Orrico Filho, 2016) Aragão, Yamashita, &

همواره تغییر گونه سفر افراد با دو استراتژی افزایش مطلوبیت اتوبوس تندرو و کاهش مطلوبیت گونه‌های رقیب اتفاق می‌افتد. طبق بررسی در پژوهشی با فرض کاهش زمان سفر اتوبوس و افزایش هزینه‌های وسایل نقلیه خصوصی، ۲۲ درصد از کاربران خودرو و ۳۴ درصد از کاربران موتورسیکلت به اتوبوس تندرو تغییر خواهد کرد. نتایج نشان می‌دهد که استراتژی افزایش مطلوبیت اتوبوس تندرو با کاهش زمان سفر اتوبوس نسبت به افزایش هزینه‌های وسایل نقلیه خصوصی، تأثیر بیشتری در تغییر گونه دارد (Satiennam, Jaensirisak, Satiennam, & Detsamrong, 2016). همچنین طی پژوهشی تأثیر عادت رفتاری در تغییر گونه سفر افراد و همچنین رابطه بین سطح رضایتمندی با پیشینه ذهنی افراد از سیستم بررسی شده است. نتایج حاکی از تأثیر بالا این دو پارامتر نسبت به دیگر متغیرهاست (Kaewklungklom, Satiennam, Jaensirisak, & Satiennam, 2017).

کیانی طی پژوهشی، راهکارهای بهبود عملکرد خط یک سامانه اتوبوس تندرو کلانشهر تهران را بررسی کرده است. نتایج نشان می‌دهد که بین چهار راهکار اصلی (اضافه کردن ناوگان، افزایش سرعت ناوگان، کاهش زمان تأخیر و افزایش ظرفیت ناوگان) بهترین و موثرترین راهکار، اضافه کردن ناوگان است (Mavi, Zarbakhshnia, & Khazraei, 2018).

صلواتی در پژوهشی به ارزیابی ایمنی و کارایی سیستم اتوبوس تندرو (خط یک) شهر اصفهان پرداخته است. از مهم‌ترین نتایج، رشد شاخص جابه‌جایی مسافر به میزان ۶۰ درصد، افزایش تعداد سرویس‌های رفت و برگشت اتوبوس‌ها، کاهش متوسط زمان سفر (حداقل ۱۵ دقیقه در هر رفت یا برگشت اتوبوس) و کاهش متوسط زمان انتظار در ایستگاه‌ها (بین ۵ تا ۱۰ دقیقه) بوده است (Salavati, 2012).

سقای به ارزیابی عملکرد سیستم اتوبوس تندرو در شهر اصفهان از دیدگاه شهروندان پرداخته است. نتایج نشان از رضایت زیاد و بالاتر حدود ۸۰ درصدی زمان بندی و سرفاصله حرکتی اتوبوس‌ها و میزان اطمینان‌پذیری و زمان انتظار، حدود ۶۰ درصدی از سهولت دسترسی و نوع طراحی ایستگاه‌ها، حدود ۵۵ درصدی سرعت حرکت و زمان سفر و کمتر از ۵۰ درصدی از هزینه سفر داشته است (Saghaei, 2014).

کی‌منش ارزیابی خط یک اتوبوس تندرو شهر اصفهان با کمک استاندارد BRT 2012 انجام داده است. نتایج حاصل از این مطالعه، نشان از بالا بودن میزان رضایت شهروندان در استفاده از این سامانه و کارایی خوب از لحاظ کاهش در آلودگی‌های زیست‌محیطی، زمان سفر، مصرف سوخت، زمان انتظار در ایستگاه‌ها و تصادفات داشته است. جمع کل امتیاز خط یک اتوبوس تندرو ۵۵ و در دسته خطوط برنزی است (Ki Manesh, 2015). همچنین در پژوهشی مشابه مشخص شد که خط یک

حمل‌ونقل عمومی؛ یکی از ابزارهای نیرومند کردن نظام حمل‌ونقل، سیستم حمل‌ونقل عمومی است که منظور از آن مجموعه‌ای از افراد، امکانات و تجهیزات و زیرساخت‌هایی است که هدف آن جابه‌جایی مسافر به صورت انبوه در سطح شهر است. به طور کلی وظیفه اصلی هر سیستم حمل‌ونقل عمومی، انتقال و جابه‌جایی ایمن، سریع و راحت مسافران در مقیاس وسیع و برحسب نیاز است (Kordnaic AS, 2011). به عبارتی به کارگیری حمل‌ونقل عمومی باعث افزایش سرعت و کاهش تراکم و راهبندان در شبکه معابر شهری می‌شود (Lleras, 2003).

وسایل نقلیه عمومی؛ وسایل نقلیه عمومی به وسایلی گفته می‌شود که تحت مالکیت افراد استفاده‌کننده نیست و افراد در قبال پرداخت کرایه از آن استفاده می‌کنند. اکثر وسایل حمل‌ونقل به یک جدول زمانی بر طبق یک برنامه زمان بندی شده روی آورده‌اند که بتوانند بیشترین خدمات را در یک زمان مشخص ارائه دهند (Amiripour, 2012).

سامانه اتوبوس تندرو؛ تاکنون تعاریف متعددی به وسیله مؤسسات مختلف در سراسر جهان در خصوص سامانه اتوبوس تندرو صورت گرفته است. مؤسسه طرح‌های پژوهشی حمل‌ونقل^۲، سامانه اتوبوس تندرو را اینگونه تعریف می‌کند: اتوبوس تندرو مدل سریع‌السير و انعطاف‌پذیر حمل‌ونقل عمومی است که عناصری چون ایستگاه‌ها، وسایل نقلیه، خدمات، خطوط ویژه و سامانه حمل‌ونقل هوشمند را در قالب سیستمی واحد، با خصوصیات مثبت فراوان که هویت جدیدی را نیز شکل می‌دهد، تلفیق کرده و آنها را درمی‌آمیزد. اداره مرکزی حمل‌ونقل آمریکا^۳ سیستم اتوبوس تندرو را اینگونه تشریح می‌کند: نوعی سیستم حمل‌ونقل سریع است که هم واجد کیفیت حمل‌ونقل ریلی بوده و هم از انعطاف‌پذیری اتوبوس برخوردار است. در واقع اتوبوس تندرو ترکیبی از تأسیسات، سیستم‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها در صنعت حمل‌ونقل است که در نتیجه آن سرویس‌های متداول اتوبوس‌رانی به سرویس‌های حمل‌ونقل با کیفیت بالا، بازدهی بیشتر و مؤثرتر برای استفاده‌کنندگان تبدیل می‌شود (Naderan, 2011).

مؤسسه مدیریت حمل‌ونقل فدرال آمریکا^۴ با بررسی شاخص زمان سفر برای شهرهای میامی، لاس‌وگاس و هونولولو، به ترتیب کاهش ۶۵، ۵۰ و ۳۳ درصدی زمان سفر مسافران اتوبوس تندرو را نشان می‌دهد (Mortensen, Cain, & Van Nostrand, 2009)؛ (Thole, Cain, & Flynn, 2009)؛ (Cham et al., 2006). همچنین نتایج بررسی شهرگوانگژو نشان می‌دهد که پس از ایجاد سیستم اتوبوس تندرو زمان سفر مسافران و رانندگان خودروی شخصی به ترتیب ۲۹ و ۲۰ درصد کاهش یافته است (Hughes, 2012). نتایج راه‌اندازی سرویس اتوبوس تندرو در برزیل حاکی از کاهش ۲۰

- 1 Public Transportation
- 2 Modes of Transport
- 3 Transit Cooperative Research Program
- 4 Federal Transit Administration
- 5 Federal transit administration

و حاکی از استفاده غیربهبینه از شبکه معابر شهر اصفهان دارد (Municipality, 2015).

طبق مطالعات جامع حمل و نقل مشخص گردید که سهم خط یک اتوبوس تندرو شهر اصفهان از کل مسافران اتوبوسرانی، ۱۸ درصد و سهم خطوط اصلی اتوبوسرانی (۱۵ خط با مسافر روزانه بیشتر از ۱۰ هزار نفر) ۴۳ درصد و مابقی خطوط ۳۹ درصد است (نمودار شماره ۲) (Isfahan University of Technology Consultants, 2012).

همان طور که مشخص شد، با وجود شبکه گسترده خطوط اتوبوسرانی، آمار ارائه شده نشان از عدم استقبال کافی شهروندان از این وسیله حمل و نقل عمومی دارد. این درحالیست که جذب مسافر تنها یک خط اتوبوس تندرو نسبت به کل مسافران اتوبوسرانی قابل توجه است. بررسی شاخص های کارایی خطوط اتوبوسرانی طبق مطالعات جامع حمل و نقل کلانشهر اصفهان علت کاهش آمار مسافران را به خوبی نشان می دهد که در ادامه به طور خلاصه در جدول شماره ۱ ارائه شده است (Isfahan University of Technology Consultants, 2012).

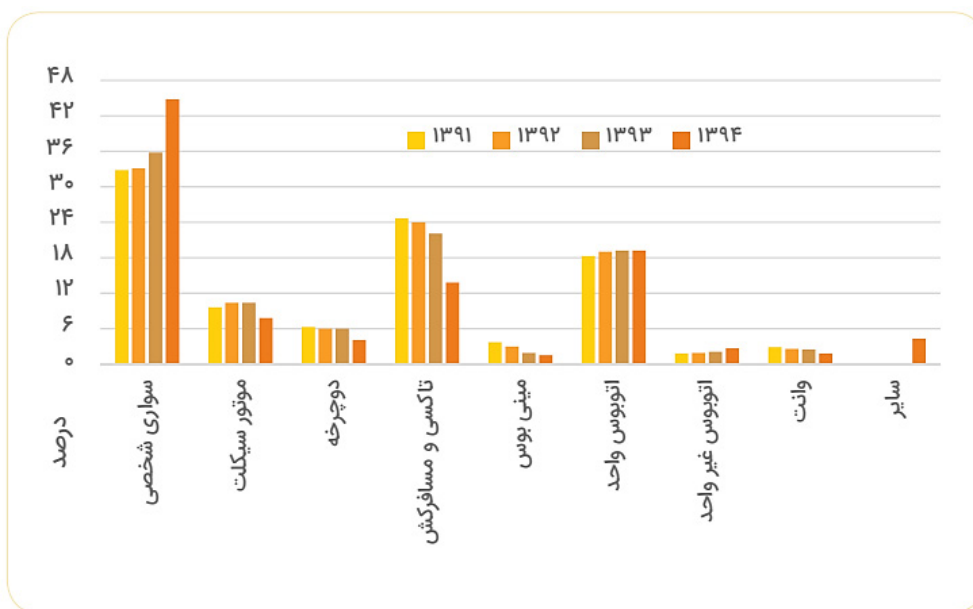
اتوبوس تندرو شهر اصفهان به تنهایی توانسته به ترتیب ۱۶ و ۱۱ درصد از استفاده کنندگان خودروی شخصی و مسافران تاکسی را جذب خود کند (Ghadiri F., 2015).

از جمله تفاوت پژوهش حاضر با مطالعات موجود می توان به ارزیابی و امتیازبندی خطوط جدید (دو و سه)، تعیین سطح رضایتمندی استفاده کنندگان با به کارگیری شاخص های جامع تر، هم مقیاس کردن نتایج نظرسنجی ها با نتایج ارزیابی به وسیله استاندارد مربوطه و انجام مقایسه بین آنها اشاره کرد.

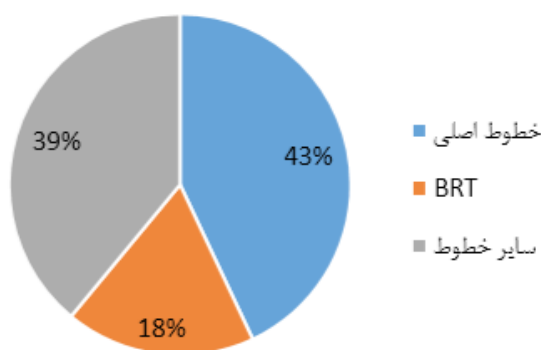
۳. روش

۳.۱. معرفی مطالعه موردی

شهر اصفهان با داشتن جمعیتی حدود دو میلیون نفر یکی از کلانشهرهای کشور محسوب می شود (سایت رسمی مرکز آمار ایران). سهم وسایل نقلیه مختلف در حمل و نقل شهر اصفهان در نمودار شماره ۱ ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می شود، سهم سواری شخصی طی سال های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ از ۳۲ به ۴۴/۸ درصد افزایش یافته است. این درحالی است که متوسط ضریب سرنشین خودروهای سواری شخصی عدد ۱/۶ است



نمودار شماره ۱: سهم وسایل مختلف در حمل و نقل شهر اصفهان (Municipality, 2015)



نمودار شماره ۲: دسته بندی خطوط اتوبوسرانی براساس سهم جابه جایی در مسافر (Isfahan University of Technology Consultants, 2012)

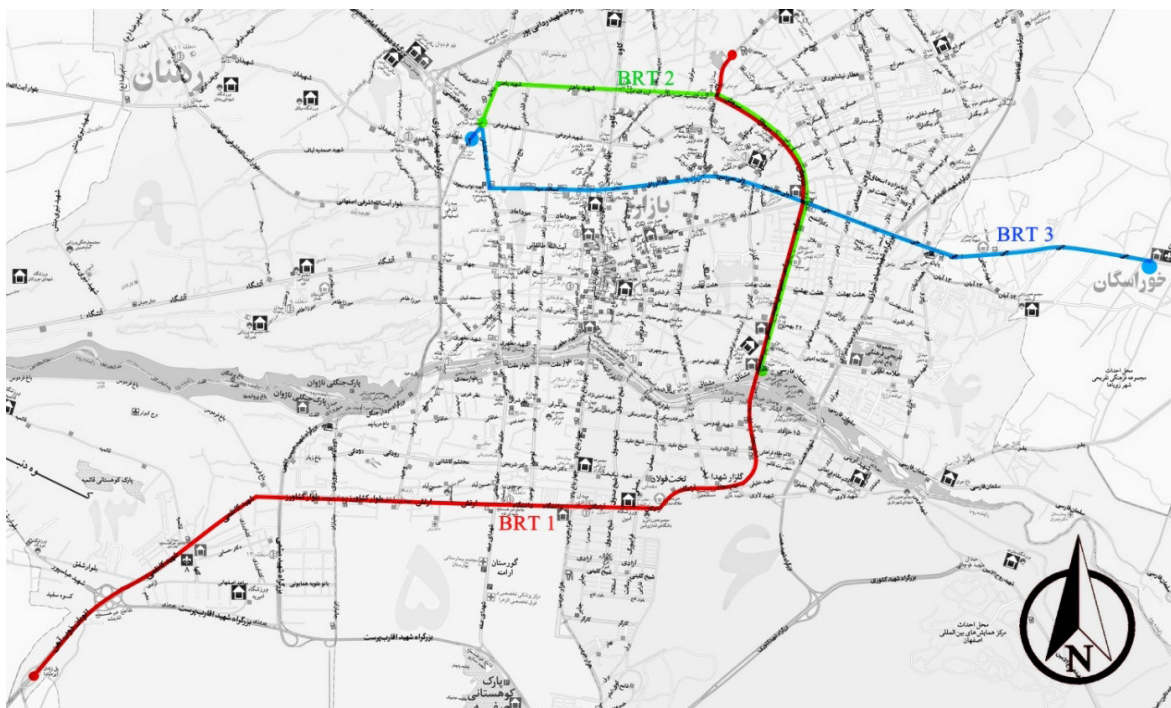
جدول شماره ۱: شاخص های کارایی خطوط اتوبوسرانی شهر اصفهان (Isfahan University of Technology Consultants, 2012)

معیار کارایی	شاخص	میزان سطح سرویس متوسط	توضیحات
دسترسی	تواتر سرویس ها	B	سرفاصله زمانی متوسط بیشتر از ۱۵ دقیقه سطح سرویس برای خطوط اصلی و اتوبوس تندرو، ۸ است
	مدت زمان فعالیت ^۱	C	بازه سرویس دهی ۶ صبح تا ۲۱ شب
	سطح پوشش سرویس ^۲	A	شبکه گسترده خطوط در شهر
راحتی و آسایش	ضریب بار مسافر ^۳	حداکثر = C و متوسط = B	شلوغی ناوگان از دید مسافر مطلوبیت ندارد
	عملکرد به موقع	E	عدم اطمینان پذیری و رعایت زمان بندی
	زمان سفر	C	سرعت سفر پایین ناوگان اتوبوسرانی

معمولی اتوبوسرانی به خطوط اتوبوس تندرو است. از جمله نتایج خروجی این مطالعه پیشنهاد ۱۲ خط اتوبوس تندرو برای شهر اصفهان بوده است.

در حال حاضر شهر اصفهان دارای ۱۰۳ خط اتوبوس معمولی به طول تقریبی ۸۰۰ کیلومتر و سه خط اتوبوس تندرو به طول ۴۲ کیلومتر است. خط یک، نخستین خط اتوبوس تندرو راه اندازی شده است که با توجه به جداسازی فیزیکی ۶۰ درصدی و جانمایی در یکی از کریدورهای اصلی شهر دارای مسافر روزانه بالایی است ولی خطوط دو و سه با توجه به این که زمان زیادی از راه اندازی آنها نمی گذرد، دارای مسافر کمتری هستند. خطوط اتوبوس تندرو موجود به صورت تصویر شماره ۱۰ است. خلاصه اطلاعات مربوط به خطوط اتوبوس تندرو به صورت جدول شماره ۲ است.

همان طور که از جدول شماره ۱۰ برداشت می شود، مهم ترین مشکل خطوط اتوبوسرانی شهر اصفهان به ترتیب عدم اطمینان و رعایت زمان بندی حرکت ناوگان، زمان سفر زیاد به دلیل سرعت پایین ناوگان، مدت زمان فعالیت و سرویس دهی، شلوغی ناوگان و سرفاصله زمانی بالا عنوان شده است. این در صورتی است که اکثر این مشکلات ناشی از حرکت ناوگان اتوبوسرانی همراه با ترافیک شهری و نداشتن مسیر ویژه به وجود آمده و خطوط اتوبوس تندرو با داشتن مسیر ویژه برای تردد، مشکلات بیان شده را ندارد و به همین دلیل هم مورد استقبال بوده و مطلوبیت بالاتری را برای استفاده کنندگان به ارمغان آورده است. پس راهکار مناسب و مؤثر برای کاهش حجم ترافیک خودروی سواری شخصی شهر اصفهان، افزایش مطلوبیت حمل و نقل عمومی به ویژه اتوبوس واحد با ارتقای سطح خدمات و تبدیل خطوط



تصویر شماره ۱۰: نقشه خطوط اتوبوس تندرو شهر اصفهان

- 3 Service Coverage Area
- 4 Passenger Load

- 1 Frequency
- 2 Hours of service

جدول شماره ۲: خلاصه اطلاعات خطوط اتوبوس تندرو شهر اصفهان

شماره خط	مسافر روزانه	طول مسیر (کیلومتر)	فاصله متوسط بین ایستگاه‌ها (متر)	تعداد ناوگان فعال	کمترین سرعت ناوگان (کیلومتر بر ساعت)
۱	۱۲۰۰۰۰	۱۹/۱	۶۱۵	۱۲۰	۲۰/۱
۲	۴۰۰۰	۸/۷	۴۸۵	۳۳	۱۶/۲
۳	۲۰۰۰۰	۱۴/۴	۵۵۵	۴۴	۱۴/۳

تحت پوشش خطوط اتوبوس تندرو است که طبق آمار سال ۱۳۹۵ شامل ۴۴۴ هزار و ۸۸ نفر سرپرست خانوار به علاوه کارشناسان حوزه حمل و نقل شهری (۷۰ نفر) هستند. تعداد پرسشنامه مورد نیاز برای رسیدن به ضریب اطمینان ۹۵ درصد (۱/۹۶) در مقیاس توزیع نرمال) و خطای ۵ درصد با کمک رابطه کوکران ۳۷۰ نفر به دست آمده است (Hafez Nia, 2009). متغیرهای ارائه شده در رابطه کوکران n, p, q, d و t به ترتیب حجم نمونه، حجم جامعه، نسبت دارای صفت معین در جامعه (در این مطالعه نسبت تعداد مناطق شهری تحت پوشش اتوبوس تندرو بر تعداد کل مناطق شهر) $(p = \frac{9}{15} = 0.6)$ ، $(q = 1 - p)$ ، خطای مجاز و سطح اطمینان در مقیاس توزیع نرمال است.

$$n = \frac{\frac{t^2 \times p \times q}{d^2}}{1 + \frac{1}{N} \left[\frac{t^2 \times p \times q}{d^2} - 1 \right]} = \frac{(1.96)^2 \times (0.6 \times 0.4)}{(0.05)^2} \div \left[1 + \frac{1}{(444088 + 70)} \left[\frac{(1.96)^2 \times (0.6)(0.4)}{(0.05)^2} - 1 \right] \right] = 370$$

ایستگاه‌ها، تجهیزات ارتباطی و دسترسی و یکپارچه‌سازی با توجه به یکسان بودن زیرساخت مربوطه برای کلیه خطوط اتوبوس تندرو برابر شده است. ایستگاه‌ها توانسته ۸۰ درصد از امتیاز حداکثر مربوط به خود را کسب کند ولی معیار تجهیزات ارتباطی تنها ۲۰ درصد از حداکثر امتیاز خود را کسب کرده و نشان از کمبود تجهیزات ارتباطی در سیستم اتوبوس تندرو شهر اصفهان دارد. کسر امتیاز مربوط به معیار دسترسی و یکپارچه‌سازی نیز در کلیه خطوط به دلیل نبود یکپارچگی بین سیستم اتوبوس تندرو و شبکه تسهیلات دوچرخه در شهر است. کلیه خطوط با توجه به وجود فاصله افقی بیشتر از ۲۰ سانتی متر بین کف اتوبوس و سکوی ایستگاه ۵ امتیاز منفی گرفته است. در معیار مربوط به زیرساخت با توجه به عدم وجود خط سبقت در مسیر ویژه کلیه خطوط و تردد ناوگان با استاندارد پایین در شاخص آلاینده‌گی، امتیاز مربوطه کمتر شده است. در خصوص معیار برنامه‌ریزی سرویس، کسر امتیاز به دلیل عدم سرویس دهی تا نیمه شب و همچنین عدم سرویس سریع السیر است. در معیار اصول پایه با توجه به عدم اولویت دهی در تقاطعات به ناوگان اتوبوس تندرو، کسر امتیازی به کلیه خطوط تعلق گرفته است. با مقایسه نتایج این پژوهش در خصوص خط ۱ با مطالعه کی منش تفاوت ناچیزی وجود دارد که به خاطر تغییر در نحوه امتیازدهی برخی از معیارها بین نسخ ۲۰۱۲ و ۲۰۱۶ است.

این پژوهش از نوع کاربردی است و در آن از ترکیب روش‌های توصیفی-تحلیلی و همبستگی (با به کارگیری نرم افزار SPSS) استفاده شده و جمع‌آوری بخشی از اطلاعات به صورت پیمایشی بوده است. از جمله اهداف اصلی دنبال شده در این پژوهش، تعیین جایگاه و نقاط قوت و ضعف سیستم سامانه اتوبوس تندرو شهر اصفهان با پیاده‌سازی استاندارد BRT 2016 و تعیین امتیاز هر خط و همچنین تعیین سطح رضایتمندی استفاده‌کنندگان با روش پرسشنامه (انجام نظرسنجی) است. اطلاعات موردنیاز برای ارزیابی خطوط به صورت چک لیست و پرسش از مسئولان مربوطه جمع‌آوری گردیده و پرسشنامه‌ها به صورت طیف لیکرت پنج مقیاسی (خیلی مخالفم تا کاملاً موافقم) انجام شده است. بزرگترین جامعه آماری این پژوهش کلیه افراد ساکن در مناطق

۳،۲. نحوه امتیازدهی استاندارد BRT 2016 (ITDP, 2016) طبق امتیازدهی در این استاندارد بیشترین امتیازی که یک خط اتوبوس تندرو می‌تواند کسب کند، ۱۰۰ امتیاز است که به صورت زیر دسته‌بندی می‌شود:

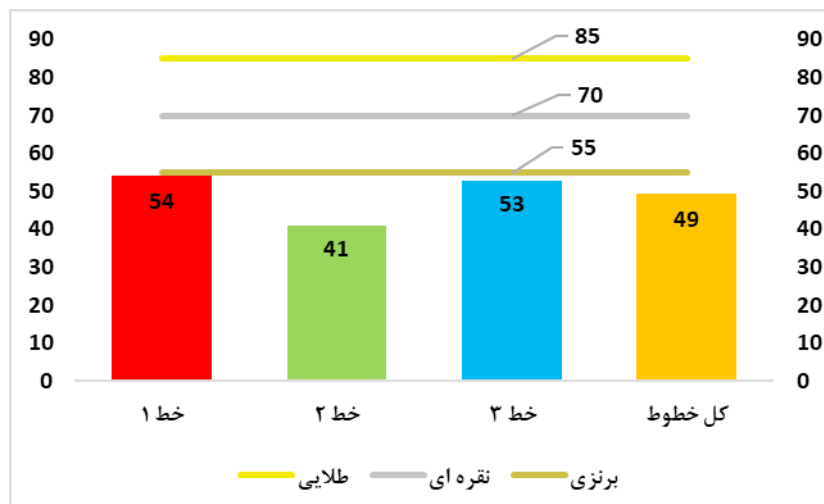
- استاندارد طلایی (امتیاز ۸۵ تا ۱۰۰)
- استاندارد نقره‌ای (امتیاز ۷۰ تا ۸۴)
- استاندارد برنزی (امتیاز ۵۵ تا ۶۹)
- اتوبوس تندرو پایه (امتیاز ۱۸ تا ۵۵)

نحوه امتیازدهی به شاخص‌های مختلف مطابق با جدول شماره ۳ است.

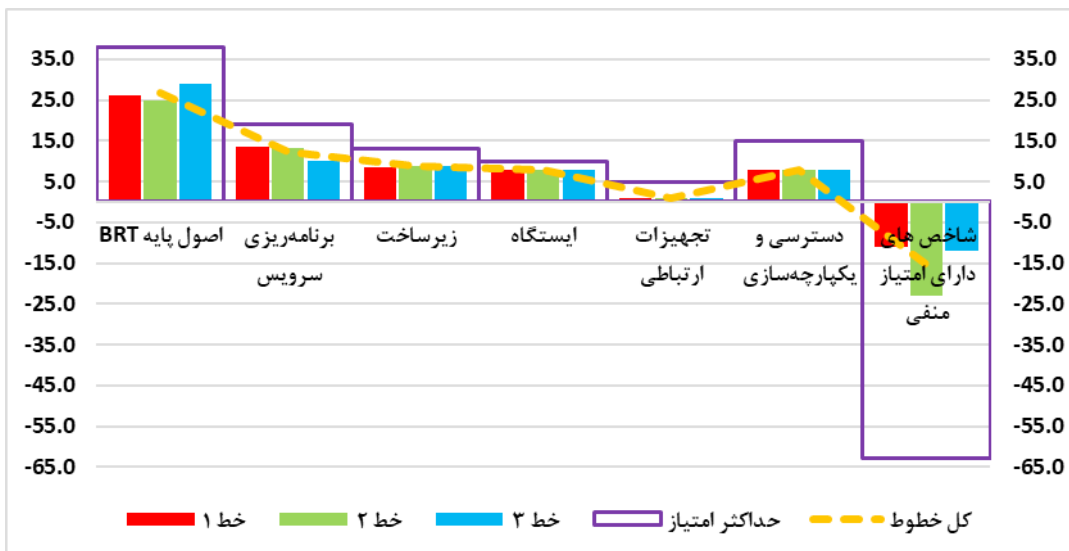
۴. بحث و یافته‌ها

• **امتیاز خطوط اتوبوس تندرو طبق استاندارد BRT:** معیارهای مختلف نتایج ارزیابی خطوط اتوبوس تندرو طبق استاندارد BRT 2016 مطابق با نمودار شماره ۳ است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، خطوط مورد بررسی زیر استاندارد برنزی قرار دارد و متوسط امتیاز کل خطوط نیز ۴۹ به دست آمده است. با بررسی جزئیات امتیاز هر قسمت به صورت جداگانه، نمودار شماره ۴ حاصل می‌شود. نمودار شماره ۴ نشان می‌دهد که امتیاز معیارهای مربوط به

معیار	شاخص	سقف امتیاز شاخص	سقف امتیاز معیار
اصول پایه BRT	میزان انحصار مسیر ویژه	۸	۳۸
	نوع طراحی مسیر ویژه	۸	
	اخذ کرایه پیش از سوار شدن	۸	
	نحوه اولویت دهی در تقاطعات	۷	
	هم‌تراز بودن سطح ایستگاه با کف اتوبوس	۷	
	انطباق چند خط در یک مسیر	۴	
	نوع سرویس دهی خط	۳	
برنامه ریزی سرویس	بهره‌گیری از سیستم‌های کنترلی	۳	۱۹
	جانمایی خط در بین ۱۰ کریدور اصلی شهر	۲	
	مشخصات تقاضا	۳	
	ساعات سرویس دهی در روز	۲	
	پوشش شبکه خطوط در شهر	۲	
	وجود خط سبقت در محل ایستگاه‌ها	۳	
	حداقل سازی آلودگی اتوبوس‌ها	۳	
زیرساخت	فاصله قرارگیری ایستگاه‌ها از تقاطع	۳	۱۳
	ایستگاه‌های مرکزی	۲	
	کیفیت روسازی	۲	
	فاصله بین ایستگاه‌ها	۲	
	ایمنی و راحتی ایستگاه	۳	
	تعداد درب اتوبوس‌ها	۳	
	فضاهای پهلوگیری و ایستگاه‌های فرعی	۱	
ایستگاه	وجود درب کشویی در فضای انتظار ایستگاه	۱	۱۰
	برندسازی	۳	
	اطلاعات مسافر	۲	
	دسترسی همه‌جانبه	۳	
	یکپارچگی با دیگر وسایل حمل و نقل عمومی	۳	
	دسترسی افراد پیاده	۴	
	پارکینگ امن دوچرخه	۲	
تجهیزات ارتباطی	مسیر دوچرخه	۲	۵
	ایستگاه اشتراک دوچرخه	۱	
	سرعت عملکردی	-۱۰	
	حداقل تعداد مسافران برای یک جهت در ساعت اوج زیر ۱۰۰۰ نفر	-۵	
	عدم رعایت مسیر ویژه	-۵	
	فاصله (شکاف) قابل توجه بین کف اتوبوس و سکو ایستگاه	-۵	
	ازدحام بیش از حد جمعیت	-۵	
شاخص‌های دارای امتیاز منفی	نگهداری ضعیف مسیر ویژه اتوبوس، اتوبوس‌ها، ایستگاه‌ها و سیستم‌های تکنولوژی	-۱۴	-۶۳
	فرکانس پایین ناوگان در ساعات اوج	-۳	
	فرکانس پایین ناوگان در ساعات غیر اوج	-۲	
	وجود دوچرخه سوار در مسیر ویژه	-۲	
	فقدان داده‌های ایمنی ترافیکی	-۲	
	موازی شدن اتوبوس معمولی در مسیر	-۶	
	تنظیم فاصله مکانی اتوبوس‌ها	-۴	



نمودار شماره ۳: امتیاز خطوط مختلف طبق استاندارد BRT 2016



نمودار شماره ۴: جزئیات امتیاز هر معیار طبق استاندارد BRT 2016

رابطه K تعداد پرسش ها و δ_i^2 واریانس هر پرسش و δ^2 واریانس کل پرسش هاست.

• **نظرسنجی از استفاده کنندگان:**

پایایی پرسشنامه ها با استفاده از روش آلفای کرونباخ مورد سنجش قرار گرفت و مقدار آن مطابق با رابطه زیر است. در این

$$Cronbach's\ Alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^K \delta_i^2}{\delta^2} \right) = 0.92$$

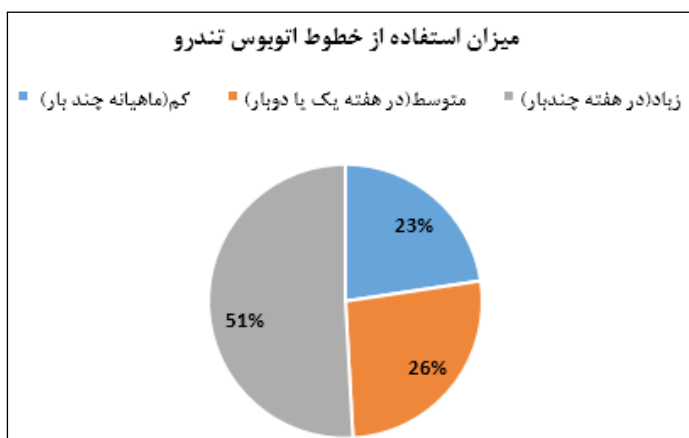
مهم ترین علت استفاده مسافران از خطوط اتوبوس تندرو مطابق با نمودار شماره ۷ بوده است. مهم ترین دلیل استفاده به ترتیب سرعت مناسب و نظم زمانی اتوبوس ها و امنیت و ایمنی عنوان شده است.

سئوالات در خصوص سطح کیفیت و خدمات سیستم اتوبوس تندرو در شش گروه مسیر حرکت خطوط، ناوگان، ایستگاه، اخذ کرایه، سامانه هوشمند و خدمات مطرح گردیده است. با بررسی متوسط نمره کسب شده و نمره حداکثر در هر گروه سؤال، نمودار شماره ۸ حاصل می شود. همان طور که مشاهده می شود کمترین امتیاز کسب شده مربوط به بهره گیری از تجهیزات هوشمند است که کاملاً با نتایج قبلی همخوانی دارد.

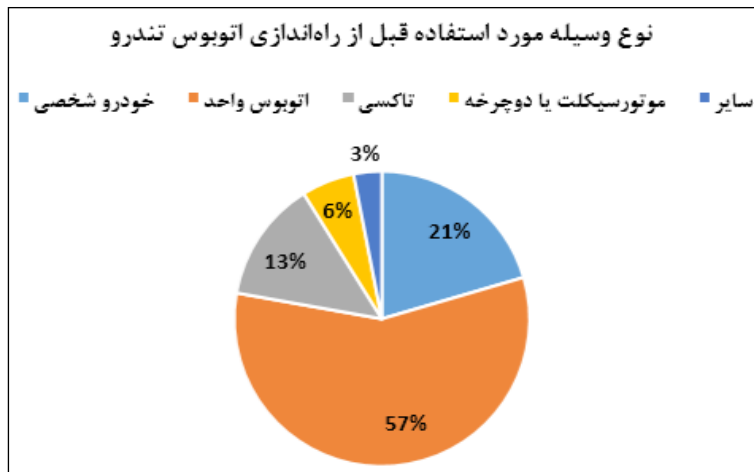
همان طور که ملاحظه می شود این مقدار نشان از پایایی بالای پرسشنامه ها دارد.

نتایج بررسی پرسشنامه های پر شده به وسیله استفاده کنندگان خطوط اتوبوس تندرو نشان داد که ۶۰ درصد استفاده کنندگان از خطوط اتوبوس تندرو امکان استفاده از خودروی شخصی را دارند. میزان استفاده مردم از خطوط اتوبوس تندرو مطابق با نمودار شماره ۵ است.

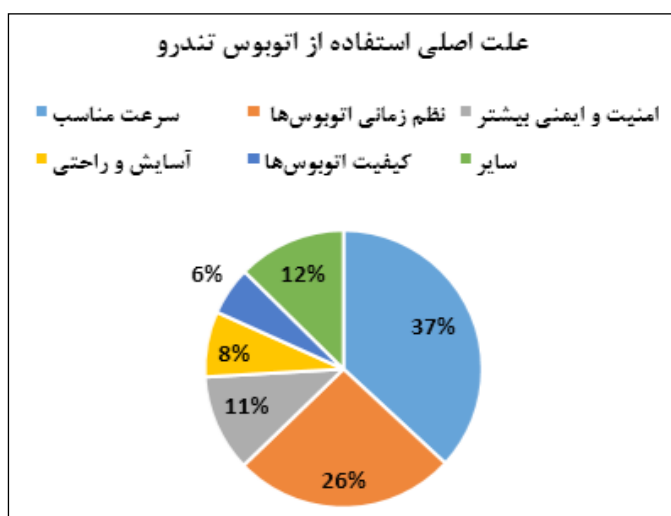
بررسی میزان جذب خطوط اتوبوس تندرو از گونه های مختلف حمل و نقلی (نمودار شماره ۶) نشان از جذب ۲۱ و ۱۳ درصدی مسافران خودروی شخصی و تاکسی به خطوط اتوبوس تندرو دارد.



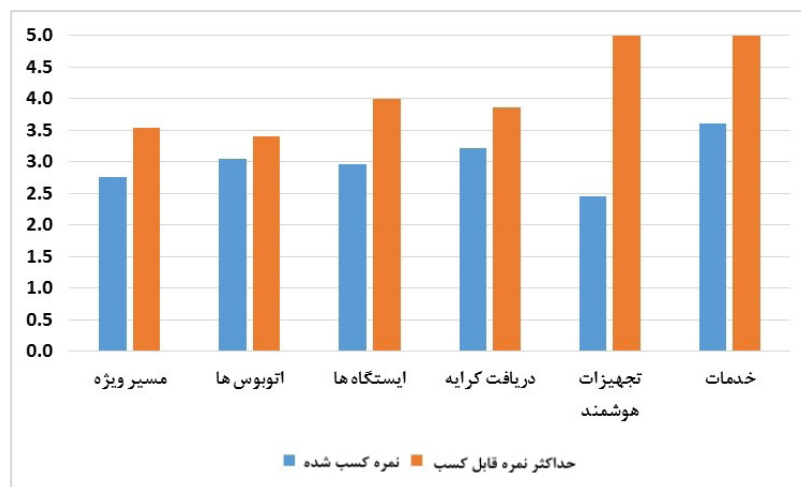
نمودار شماره ۵: میزان استفاده افراد از خطوط اتوبوس تندرو



نمودار شماره ۶: وسایل نقلیه مورد استفاده افراد قبل از راه اندازی اتوبوس تندرو



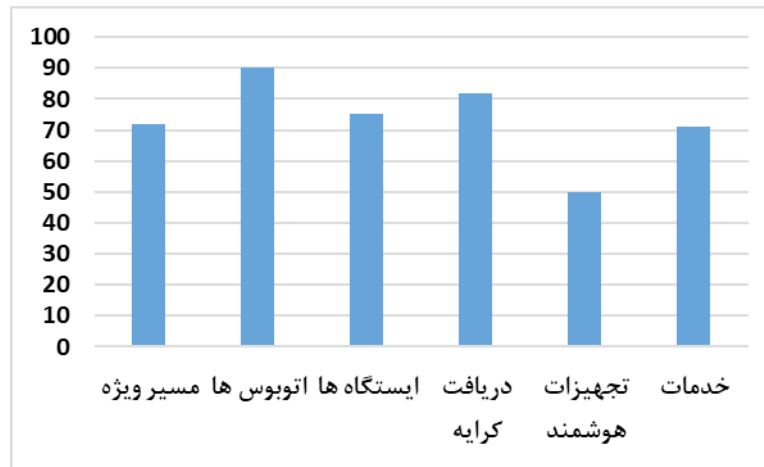
نمودار شماره ۷: علت اصلی استفاده افراد از اتوبوس تندرو



نمودار شماره ۸: میانگین نمرات استفاده کنندگان به معیارهای مختلف خطوط طبق مقیاس لیکرت

می شود، بیشترین امتیاز کسب شده به ترتیب مربوط به ناوگان، سیستم دریافت کرایه و ایستگاه ها بوده و متوسط امتیاز کل سئوالات ۷۴ است و یا به عبارتی می توان گفت که از دیدگاه استفاده کنندگان، امتیاز خطوط اتوبوس تندرو در استاندارد نمره ای قرار دارد.

طبق طیف لیکرت نمره حداکثر قابل کسب به وسیله هر سؤال متناسب با نحوه مطرح کردن پرسش (به صورت منفی و مثبت) عدد ۵ و یا ۱ است که با تعیین درصد نمره کسب شده برای هر گروه سؤال، نمودار شماره ۹ حاصل می شود. همان طور که ملاحظه



نمودار شماره ۹: درصد امتیاز کسب شده هر گروه سؤال به وسیله استفاده کنندگان از ۱۰۰ نمره

۵. نتیجه گیری

ندارد و کمتر از استاندارد برنزی است. بررسی سهم امتیاز کسب شده به وسیله معیارها به طور جداگانه نشان داد که معیار مربوط به ایستگاه ها توانسته ۸۰ درصد و تجهیزات ارتباطی تنها ۲۰ درصد از امتیاز حداکثر مربوط به خود را کسب کنند که نشان از کمبود تجهیزات ارتباطی در سیستم اتوبوس تندرو شهر اصفهان دارد. کسر امتیاز مربوط به معیار دسترسی و یکپارچه سازی نیز در کلیه خطوط به دلیل نبود یکپارچگی بین سیستم اتوبوس تندرو و شبکه تسهیلات دوچرخه در شهر اعمال شده است. همچنین کلیه خطوط با توجه به وجود فاصله افقی بیشتر از ۲۰ سانتی متر بین کف اتوبوس و سکوی ایستگاه، ۵ امتیاز منفی دریافت کرده اند که در صورت لحاظ نکردن آن، سیستم دارای استاندارد برنزی است. با بررسی نتایج نظرسنجی ها که در واقع جایگاه سامانه اتوبوس تندرو را از دیدگاه استفاده کنندگان مشخص می کند، متوسط درصد امتیاز کسب شده به وسیله شاخص های مختلف، ۷۴ درصد بوده است که نشان از سطح رضایت مندی بالاست و می توان گفت از نگاه استفاده کنندگان خطوط اتوبوس تندرو شهر اصفهان دارای استاندارد نقره ای است. همچنین کل خطوط اتوبوس تندرو دارای جذب ۲۱ و ۱۳ درصدی مسافران خودروی شخصی و تاکسی به خود بوده و طبق مطالعات مشابه درصد جذب به وسیله خط یک به تنهایی با ترتیب فوق، ۱۶ و ۱۱ بوده است. مهم ترین دلایل مسافران برای استفاده از خطوط اتوبوس تندرو به ترتیب سرعت خوب، نظم زمانی اتوبوس ها و راحتی و آسایش عنوان شده است. مقایسه نتایج ارزیابی و نظرسنجی ها تطابق مناسبی دارد و حاکی از عدم به کارگیری گسترده و کامل تجهیزات هوشمند در سیستم اتوبوس تندرو شهر است. در این پژوهش با به کارگیری استاندارد BRT 2016 به طور مفصل و دقیق امتیاز خطوط اتوبوس تندرو شهر اصفهان تعیین شد. شاخص های مورد بررسی در این استاندارد به دو گروه طراحی (زیرساخت) و بهره برداری قابل تقسیم است. پیشنهاد می گردد درصد امتیاز کسب شده هر گروه به صورت جداگانه محاسبه و ارائه گردد تا شناخت بهتری از مشکلات سیستم برای توسعه و یا بهبود عملکرد آن به وجود آید.

امروزه برای رفع مشکلات ترافیکی در شهرها، دو راهکار کلی مدیریت تقاضا و مدیریت عرضه به کار گرفته می شود. مدیریت تقاضا به منظور حذف و کاهش تولید سفر و مدیریت عرضه به منظور استفاده بهینه از تسهیلات حمل و نقلی موجود نقش می آفریند. راه اندازی و استفاده از حمل و نقل عمومی نیز یکی از راهکارهای اصلی در مدیریت عرضه محسوب می شود. اتوبوس به عنوان مهم ترین گونه حمل و نقل عمومی در شهر اصفهان محسوب می شود و طی بررسی ها مشخص گردید که سهم جابه جایی افراد به وسیله اتوبوس واحد در شهر اصفهان طی سال های اخیر حدود ۲۰ درصد است. به منظور افزایش استقبال شهروندان از سیستم اتوبوسرانی می بایست در جهت رفع مشکلات آن و افزایش مطلوبیت آن حرکت نمود. طی بررسی ها مشخص شد که از دیدگاه مسافران اتوبوس مشکلاتی چون مدت طولانی زمان انتظار در ایستگاه ها، تأخیر و عدم اطمینان از زمان دقیق رسیدن اتوبوس، شلوغی و نامناسب بودن تهویه و سیستم سرمایش و گرمایش اتوبوس ها برای سیستم اتوبوس معمولی وجود دارد و از منظر مدیریت شهری نیز مسائل و مشکلات ناوگان اتوبوسرانی همچون افزایش سن و فرسودگی ناوگان، آلودگی صوتی و زیست محیطی و عدم استقبال و کارایی پایین و کمتر از ظرفیت سیستم اتوبوس معمولی، مشهود است که نشان از لزوم ایجاد تغییر و بهینه سازی سیستم فعلی دارد. مهم ترین مشکل خطوط اتوبوسرانی شهر اصفهان به ترتیب عدم اطمینان و رعایت زمان بندی حرکت ناوگان، زمان سفر زیاد به دلیل سرعت پایین ناوگان، مدت زمان فعالیت و سرویس دهی، شلوغی ناوگان و سرفاصله زمانی بالاست که بسیاری از این مشکلات با تأمین مسیر ویژه یا به عبارتی تبدیل خطوط اتوبوس معمولی به اتوبوس تندرو مرتفع می گردد. پس از تبدیل خطوط اتوبوس معمولی به خطوط تندرو ارزیابی سیستم اتوبوس تندرو حائز اهمیت است تا بتوان سطح کیفی آن را به جایگاه بالایی ارتقا داد. در ادامه ارزیابی خطوط اتوبوس تندرو با به کارگیری استاندارد BRT 2016 انجام گرفت و مشخص گردید که امتیاز خطوط در جایگاه مناسبی قرار

of Technology,

- Mavi, R. K., Zarbakhshnia, N., & Khazraei, A. (2018) Bus rapid transit (BRT): A simulation and multi criteria decision making (MCDM) approach. *Transport Policy*, 72, 187-197.
- Mortensen, S., Cain, A., & Van Nostrand, C. (2009). Miami Urban Partnership Agreement (UPA) Project Phase 1A-Transit Evaluation Report. Retrieved from
- Municipality, I. (2015). www.isfahan.ir/amar.
- Naderan, A., Shepani, A. (2011). Urban Transportation Management. Retrieved from
- Olufemi, O.A. (2008). Public transport innovation: the impact of BRT on passenger's movement in Lagos metropolitan area of Nigeria. *Pakistan Journal of Social Sciences*, 5(8), 845-852.
- Saghaei, M., Sadeghi Z. and Aghili N. (2014). Performance Evaluation of Radical Bus System (BRT) in Isfahan Metropolis from the Citizens' Viewpoint. *Geographical Space*.
- Salavati, A. a. A. T. (2012). Increasing Safety and Efficiency in Radical Bus System (BRT) (Case Study of Line 1 of Isfahan Radical Bus), . 12th Iranian Conference on Transport and Traffic Engineering.
- Satiennam, T., Jaensirisak, S., Satiennam, W& ., Detdamrong, S. (2016). Potential for modal shift by passenger car and motorcycle users towards Bus Rapid Transit (BRT) in an Asian developing city. *IATSS Research*, 39(2), 121-129.
- Thole, C., Cain, A., & Flynn, J. (2009). The EMX Franklin Corridor BRT project evaluation. Retrieved from

References:

- Amiripour, S. M. M. F., F.; Farahmandi I. and Mohsenian, S.H. . (2012). Presentation of a Practical Method for Modifying Bus Lines After Implementing a BRT Line, Case Study: Mashhad. 12th Transportation and Traffic Engineering Conference Iran.
- Asia Urbans. (2008). Training on Urban Sustainability Management for Municipalities. Retrieved from
- Cham, L., Chang, M., Chung, J., Darido, G., Geilfuss, C., Henry, D., . . . Schneck, D. (2006). Honolulu Bus Rapid Transit (BRT) Project Evaluation. Retrieved from
- de Aragão, J. J. G., Yamashita, Y., & Orrico Filho, R. D. (2016). BRT in Brazil: Designing services in function of given infrastructure projects or designing infrastructure in function of established service quality patterns? *Research in Transportation Economics*, 59, 304-312.
- Ghadiri F., V. B., and Sadeghi, Z. . (2015). Evaluation of Public Transport System (BRT) Based on Satisfaction and Priorities of Passengers Case Study: Isfahan City Express Bus Line.
- Hafez Nia, M. (2009). Introduction to Research in Humanities: SAMT.
- Hughes, C. K. (2012). Guangzhou bus rapid transit emissions impact analysis. Retrieved from
- Isfahan University of Technology Consultants. (2012). Comprehensive Transportation Studies of Isfahan Metropolitan Area: Public Transportation Devices. Retrieved from
- ITDP. (2016). The BRT Standard.
- Kaewklungklom, R., Satiennam, W., Jaensirisak, S., & Satiennam, T. (2017). Influence of psychological factors on mode choice behaviour: Case study of BRT in Khon Kaen City, Thailand. *Transportation research procedia*, 25, 5072-5082.
- Ki Manesh, M. J. A. a. A. F. (2015). Investigation of Extremist Buses in Isfahan and Comparing Different Factors with BRT 2012 Standard.
- Kordnaic AS, M. M. (2011). Deployment, Improvement and Development of Extremely Busy (B.R.T) Solutions to Reduce Metropolitan Traffic. *Traffic Management Studies*, 6, 20.
- Lleras, G. C. (2003). Bus rapid transit: impacts on travel behavior in Bogotá. Massachusetts Institute

۱۳

شماره سی و سه

زمستان ۱۳۹۸

فصلنامه علمی-پژوهشی



پژوهشی حمل و نقل عمومی و ارزیابی خطوط اتوبوس تندرو کلانشهر اصفهان مطابق با استاندارد BRT ۲۰۱۶